

令和5年度

奈良県景観・環境総合センター研究報告

No.11

2023

ANNUAL REPORT OF
NARA PREFECTURE LANDSCAPE
AND ENVIRONMENT CENTER

は じ め に

平素は、奈良県景観・環境総合センターの業務の推進にご理解ご協力を賜り、厚くお礼申し上げます。

この度、令和5年度奈良県景観・環境総合センター研究報告が出来上がりましたので、ご報告いたします。

当センターは、平成25年4月に（旧）奈良県保健環境研究センターから大気環境担当と水環境担当が分離し、奈良県景観・環境保全センターへ統合されて、名称を奈良県景観・環境総合センターと変更されてできたもので、本冊子はその景観・環境総合センターの研究部門（大気係・水質係）について、研究施設の概要や業務概要、調査研究・報告等を取りまとめたものです。

当センターの研究部門では、環境関連の検査業務や、県が環境施策を実施する上で必要とされる技術的支援、調査研究を行っています。

検査業務については、法令に基づく常時監視のための測定や環境行政上必要な測定、また突発的な異常水質等の発生時の原因特定のための水質測定等を行っています。

調査研究については、行政ニーズを踏まえた課題設定を心がけるとともに、地域性だけでなく広域性も同時に考慮すべき課題については、国立環境研究所と複数の地方環境研究所等の研究者が参加して共同研究を実施する、いわゆるⅡ型共同研究に積極的に参加するなど、内容の充実を図っています。

また、調査研究の実施にあたっては、当センターの実施する調査研究業務に客観的かつ公正な評価を加え、調査研究の充実とその成果の普及を図ることを目的に、外部評価委員会による評価をいただいています。この年報をご覧になった皆様からのご意見、ご助言をいただければ幸いです。

環境に関連した法律として、令和3年10月に公共用水域の水質汚濁に係る環境基準及び地下水の水質汚濁に係る環境基準が改正され、人の健康の保護に関する環境基準のうち、六価クロムについて基準値を見直すとともに、生活環境の保全に関する環境基準のうち、大腸菌群数を新たな衛生微生物指標として大腸菌数へ見直されました。

こうした環境基準の見直し状況を踏まえ、公共用水域及び地下水の水質の汚濁を防止するために、令和6年1月に「水質汚濁防止法施行規則等の一部を改正する省令」が公布され、令和6年4月より順次施行されています。

このような法律の改正や行政ニーズに合わせて、我々も柔軟に対応を行っていく必要があります。

地方環境研究所は、行政の環境施策の実施や危機管理事象への対応を下支えする機関であり、奈良県の実態に即した対策を取るための科学的根拠を示すことが求められています。

これらの期待に応えるべく、日々業務の推進に精励してまいりますので、皆様のご指導、ご支援を賜りますようお願いいたします。

令和7年2月

奈良県景観・環境総合センター
所長 城山 二郎

目 次

第1章 総 説

1. 沿 革	1
2. 組 織	1
(1) 機構と事務分掌	1
(2) 職員構成	2
(3) 職員名簿	2
3. 施 設	3
(1) 土 地	3
(2) 建 物	3
(3) 奈良県景観・環境総合センター試験研究施設 配置図	4
4. 新規購入備品	5
5. 予算及び決算	5
6. 企画情報関連	6
(1) 職員の出席した学会、研究会、講習会、研修会等	6
(2) 当センター職員を講師とする講演会、技術・研修指導	7
(3) 国立環境研究所・地方環境研究所との共同研究	8
(4) 景観・環境総合センター研究発表会	8
(5) 外部評価制度	8

第2章 試験・検査概況

大気係	11
水質係	14

第3章 調査研究・報告

第1節 研究報告

1. 奈良県における PM _{2.5} 中の SOA トレーサー及び VOC の昼夜別観測 村上友規・高林愛・久保友佳子・上林政貴・杉本恭利	17
2. 大和川県内最下流域における河川マイクロプラスチック調査 平山可奈子・浦西洋輔・田原俊一郎	23

第2節 研究ノート

1. 2022 年度における微小粒子状物質 (PM _{2.5}) 成分分析調査結果について 村上友規・志村優介・高林愛・浦西克維・杉本恭利	29
2. 奈良及び北九州における大気環境中マイクロプラスチックの実態調査 村上友規・菊谷有希・浦西克維	33
3. 奈良県における光化学オキシダントの新指標を用いた解析について 吉田実希・志村優介・久保友佳子・村上友規・上林政貴・杉本恭利	38

4. 奈良県内大気中におけるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド濃度の経年変化	久保友佳子・村上友規・上林政貴・杉本恭利	42
5. 奈良県における大気粉じん中の多元素測定と解析	志村優介・上林政貴・村上友規・吉田実希・久保友佳子・杉本恭利	47
6. 調整池下流河川の COD 上昇事例について	浦西洋輔・平城均・平山可奈子・北岡洋平・田原俊一郎	52

第3節 資 料

1. 奈良県における大気粉じん中の六価クロム測定法の検討	上林政貴・杉本恭利	55
2. 奈良県における環境放射能調査(令和5年4月～令和6年3月)	村上友規・志村優介・久保友佳子・吉田実希・上林政貴・杉本恭利	57
3. WET 法によるだるま橋の生物影響評価について	平井佐紀子・田原俊一郎	59

第4節 他誌掲載論文の抄録

1. 大和川水系竜田川における河川緑色事案の原因究明について	浦西洋輔, 高林泰斗・北岡洋平・平山可奈子・田原俊一郎	61
2. 大和川水系上流域における生活由来化学物質 (PPCPs) の環境実態調査 (第2報)	浦西洋輔・浦西克維・辻本真弓・田原俊一郎	61

第5節 報告書の要旨

令和4年度化学物質環境実態調査分析法開発調査結果報告書	浦西洋輔	63
-----------------------------	------	----

第6節 研究発表の抄録

(1) 外部研究発表抄録		
1. 有機トレーサーを用いた昼夜別観測報告 (SOA 及び VOC)	村上友規	65
2. 奈良県における PM _{2.5} 中の有機マーカー及び VOC の昼夜別観測	村上友規・上林政貴・久保友佳子・高林愛・平松まみ・西村理恵・上田真久・池盛文数 ・茶谷聡・菅田誠治	65
3. 顕微 FT-IR を用いた大気中マイクロプラスチック分析に係るサンプリング手法の検討	村上友規・菊谷有希・浦西克維	66
4. 奈良県内大気中のホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの状況	久保友佳子・志村優介・吉田実希・村上友規・上林政貴・杉本恭利	66
5. 奈良県における有機トレーサーを用いた夏期高時間分解観測報告 (SOA 及び VOC)	村上友規・上林政貴	67
6. SOA ポテンシャル法を用いた SOA 生成能の推計手法について	村上友規	67
7. 大和川水系における河川マイクロプラスチック汚染の実態調査	平山可奈子・浦西洋輔・田原俊一郎	68

8. AIQS を用いた異常水質原因特定事例について	浦西洋輔	68
9. 奈良県における異常水質の原因特定事例について	浦西洋輔・高林泰斗・北岡洋平・平山可奈子・田原俊一郎	69
10. シプロフロキサシン分析法開発	浦西洋輔	69
11. 大和川流域におけるマイクロプラスチックの環境実態調査	平山可奈子	70
12. 奈良県における異常水質の原因特定事例について	浦西洋輔・高林泰斗・北岡洋平・平山可奈子・田原俊一郎	70
(2) 景観・環境総合センター所内研究発表会要旨		
1. 微小粒子状物質 (PM _{2.5}) 中の有機マーカーの季節別・時間別挙動について	村上友規	71
2. 大和川水系岡崎川の水質改善に関する検討について	北岡洋平	71
3. 奈良県における大気粉じん中の多元素測定と解析	志村優介	72
4. 異常水質原因物質特定事例について	浦西洋輔	72
(3) 共同発表業績		73
奈良県景観・環境総合センター研究報告投稿規定		75

CONTENTS

Reports

1. Day and Night Observations of SOA Tracers and VOCs in PM_{2.5} in Nara
• • • • • MURAKAMI Yuki • TAKABAYASHI Megumi • KUBO Yukako • KAMBAYASHI Masaki
and SUGIMOTO Kiyotoshi 17
2. Monitoring of Microplastics in the Yamato River Downstream in Nara Prefecture
• • • • • HIRAYAMA Kanako • URANISHI Yosuke and TAHARA Syunichiro 23

Notes

1. Analysis of the Composition of Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) for 2022
• • • • • MURAKAMI Yuki • SHIMURA Yusuke • TAKABAYASHI Megumi • URANISHI Katsushige
and SUGIMOTO Kiyotoshi 29
2. Survey of Atmospheric Microplastics Environment in Nara and Kitakyushu
• • • • • MURAKAMI Yuki • KIKUTANI Yuki and URANISHI Katsushige 33
3. Analysis of Photochemical Oxidants in Nara Prefecture Using New Index of Photochemical Oxidants
• • • YOSHIDA Miki • SHIMURA Yusuke • KUBO Yukako • MURAKAMI Yuki • KAMBAYASHI Masaki
and SUGIMOTO Kiyotoshi 38
4. A Chronological Trend of Formaldehyde and Acetaldehyde Concentrations in Nara Prefecture's Atmosphere
• • • • • KUBO Yukako • MURAKAMI Yuki • KAMBAYASHI Masaki and SUGIMOTO Kiyotoshi 42
5. Multielement Quantitation and Analysis of Airborne Particulates in Nara Prefecture
• • SHIMURA Yusuke • KAMBAYASHI Masaki • MURAKAMI Yuki • YOSHIDA Miki • KUBO Yukako
and SUGIMOTO Kiyotoshi 47
6. A Case Study of Elevated COD in the Downstream of Regulating Reservoirs in Nara Prefecture
• • • • • URANISHI Yosuke • HEIJO Hitoshi • HIRAYAMA Kanako • KITAOKA Yohei
and TAHARA Syunichiro 52

Data

1. Study of Hexavalent Chromium Measurement Method in Atmospheric Dust in Nara Prefecture
• • • • • KAMBAYASHI Masaki and SUGIMOTO Kiyotoshi 55
2. Environmental Radioactivity Survey Data in Nara Prefecture (Apr.2023-Mar.2024)
• • • • • MURAKAMI Yuki • SHIMURA Yusuke • KUBO Yukako • YOSHIDA Miki
• KAMBAYASHI Masaki and SUGIMOTO Kiyotoshi 57
3. Bioassay in Daruma Bridge Using Whole Effluent Toxicity(WET) Tests
• • • • • HIRAI Sakiko and TAHARA Syunichiro 59

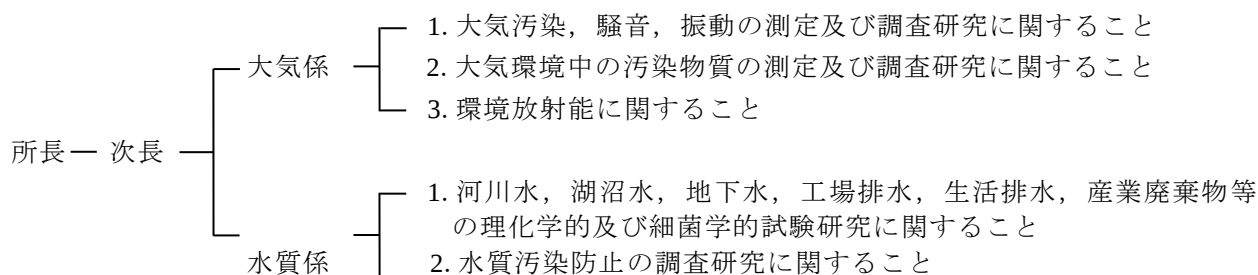
第 1 章 総 説

1. 沿革

昭和23年 6月25日	奈良県告示第167号を以て、奈良市登大路町奈良県庁内に奈良県衛生研究所を設置
昭和28年 3月31日	奈良県条例第11号を以て、奈良市油阪町に庁舎を新築移転
昭和41年 3月30日	奈良市西木辻八軒町に奈良保健所との合同庁舎を新築移転
昭和46年 3月24日	奈良市大森町に独立庁舎を新築移転
昭和46年 5月 1日	奈良県行政組織規則の改正により、総務課、環境公害課、予防衛生課の3課を設置
昭和48年 4月 1日	奈良県行政組織規則の改正により、食品化学課を新設
昭和50年 2月28日	前庁舎に接して約 1,276 m ² の庁舎を新築
昭和62年 4月 1日	奈良県行政組織規則の改正により、総務課、公害課、環境課、食品化学課、予防衛生課の5課制に編成替え
平成 2年 4月 1日	奈良県行政組織規則の改正により、総務課、大気課、水質課、食品生活課、予防衛生課に編成替え
平成12年 4月 1日	県感染症情報センターを所内に設置
平成14年 4月 1日	奈良県行政組織規則の改正により、奈良県保健環境研究センターと名称変更し総務課と試験研究グループ（大気環境担当、水環境担当、食品担当、ウイルス・細菌担当）に編成替え
平成18年 4月 1日	奈良県行政組織規則の改正により、総務課、精度管理担当、大気環境担当、水環境担当、食品担当、ウイルス・細菌担当に編成替え
平成22年 4月 1日	技術担当を置く
平成23年 4月 1日	技術担当を解く
平成25年 4月 1日	奈良県行政組織規則の改正により、大気環境担当及び水環境担当は奈良県景観・環境総合センターの試験研究部門として大気係、水質係に編成替え。奈良県保健環境研究センターは奈良県保健研究センターと名称変更し、総務課、精度管理担当、食品担当、細菌担当、ウイルス・疫学情報担当に編成替え。試験研究施設は桜井市栗殿に新築移転。

2. 組織（試験研究部門のみ）

（1）機構と事務分掌（令和6年4月1日現在）



(2) 職 員 構 成

(令和 6 年 4 月 1 日現在)

区 分	事務職員	技術職員		計
		獣医学	理工農学	
所 長			1	1
次 長	1			1
大 気 係			6	6
水 質 係		1	5	6
計	1	1	12	14

(3) 職 員 名 簿

(令和 6 年 4 月 1 日現在)

係 名	職 名	氏 名	係 名	職 名	氏 名
	所 長	城 山 二 郎			
	次 長	岡 部 泰 也			
大 気 係	統括主任研究員 総括研究員 主任研究員 主任研究員 主任研究員 主任主事	杉 本 恭 利 村 上 友 規 下 田 明 史 吉 田 実 希 久 保 友佳子 長 岡 孝 浩	水 質 係	統括主任研究員 主任研究員 主任研究員 主任研究員 主任主事 技師補 (再)	井 上 ゆみ子 北 岡 洋 平 辻 本 真 弓 岡 本 雄 二 平 山 可奈子 平 井 佐紀子

3. 施 設（試験研究施設のみ）

(1) 土 地

（令和 6 年 4 月 1 日現在）

地 名	地 目	面 積	現在の状況	所 有 者
桜井市栗殿 1000 番地	宅 地	8,741.86 m ²	宅 地	奈 良 県

(2) 建 物

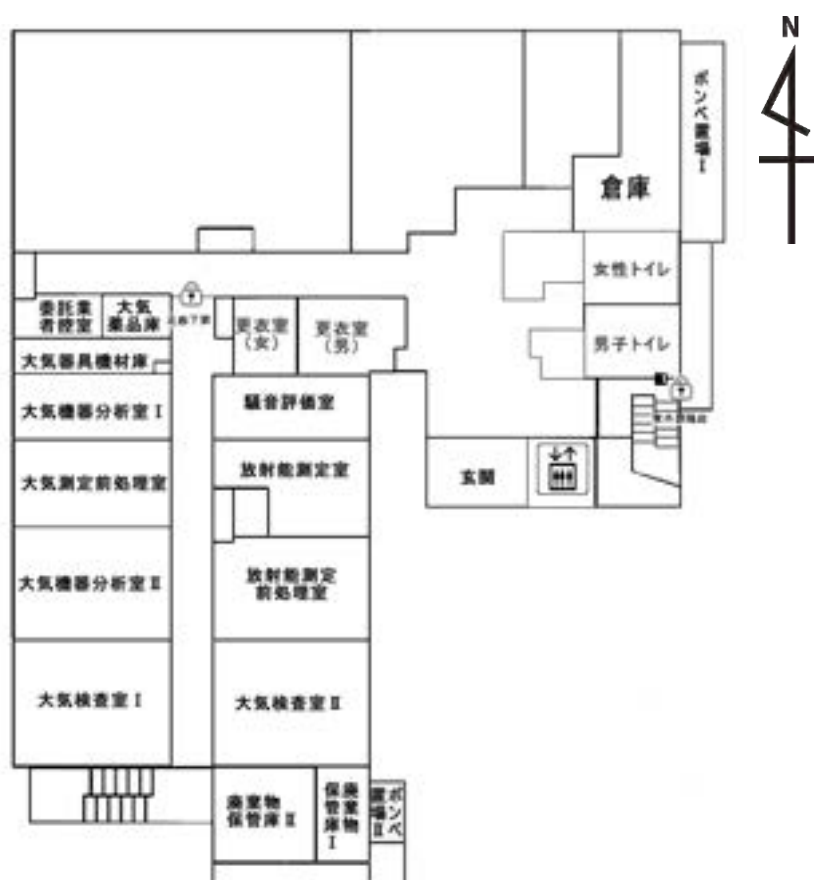
（令和 6 年 4 月 1 日現在）

施 設	面 積	使用開始年月日	建物経過年数	所 有 者
本館鉄筋コンクリート 4 階	3,264.17 m ²	平成 25 年 4 月 1 日	11 年	奈 良 県
（ 本 館 1 階 ）	(860.13)			
（ 本 館 2 階 ）	(786.77)			
（ 本 館 3 階 ）	(786.77)			
（ 本 館 4 階 ）	(786.77)			
（ 本 館 P1 階 ）	(43.73)	平成 25 年 4 月 1 日	11 年	奈 良 県
倉 庫	7.00 m ²			

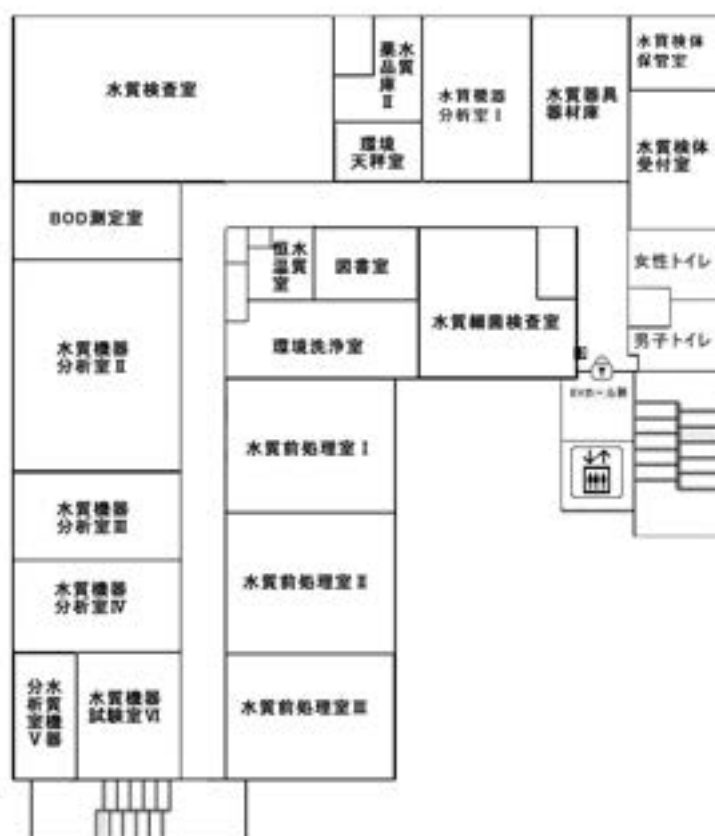
※大気係は 1 階西棟，水質係は 2 階全棟にて試験研究を実施．

(3) 奈良県景観・環境総合センター試験研究施設 配置図

(1 階)



(2 階)



4. 新規購入備品（単価 20 万円以上）

品 名	規 格	購入年月日
電子天秤	ザルトリウス・ジャパン（株）製 SECURA225D-1Sjp	R6.2.21
高速液体クロマトグラフ装置	（株）島津製作所製 送液ポンプ：LC-40D_XS オートサンプラ：SIL-40C 蛍光検出器：RF-20A カラムオーブン：CTO-40C フォトダイオードアレイ検出器：SPD-M40 解析システム：Labsolutions LCGC DB	R6.3.8
純水製造装置	ヤマト科学（株）製 WL320A	R6.3.13
精密騒音計	リオン（株）製 NL-53EXK	R6.3.22

5. 予算及び決算（令和 5 年度）

検査手数料（証紙収納額）

（単位 円）

種 別	内 訳	予 算 額	証紙収納額
景観・環境総合センター手数料	大気試験 水質試験	143,000 3,050,000	0 2,477,700
合 計		3,193,000	2,477,700

歳 出

（単位 円）

款・項・目	予 算 額	支 出 額	残 額
（款）医療政策費	342,000	334,816	7,184
（項）保健予防費	342,000	334,816	7,184
（目）保健研究センター費	342,000	334,816	7,184
（款）水循環・森林・景観環境費	24,873,330	22,884,434	1,988,896
（項）水資源政策費	6,841,000	6,238,795	602,205
（目）水資源政策推進費	6,841,000	6,238,795	602,205
（項）環境管理費	18,032,330	16,645,639	1,386,691
（目）環境保全対策費	14,207,330	12,822,912	1,384,418
（目）廃棄物対策費	3,825,000	3,822,727	2,273
合 計	25,215,330	23,219,250	1,996,080

* 景観・環境総合センター大気係および水質係執行分のみ計上（人件費を含まず）

6. 企画情報関連

(1) 職員の出席した学会、研究会、講習会、研修会等

i) 大気係

年・月・日	内 容	開 催 地
R 5. 5.18	ジーエルサイエンスウェビナー「HPLC 基礎セミナー」	Web 開催
6. 9	Dionex IC 技術説明会 2023	大阪市
6.12	II 型共同研究「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」 VOC・PM _{2.5} 観測グループ会合	Web 開催
6.20	II 型共同研究「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」 リーダー会合	Web 開催
6.13～16	環境放射能分析研修（環境放射能分析及び測定）	千葉県
8.25	II 型共同研究「R」 勉強会	Web 開催
9.13～15	第 64 回大気環境学会	つくば市
10. 4	ジーエルサイエンスウェビナー「GC の注入のしくみを理解する！ 1 から学ぶ GC 注入法」 ジーエルサイエンスウェビナー「【HPLC】 ODS カラム選択のポイント」	Web 開催
11.16～17	第 50 回環境保全・公害防止研究発表会	鳥取県
12. 8	II 型共同研究「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」 リーダー会合 第 1 回 Ox 生成メカニズム勉強会	東京都
R 6. 1.26	令和 5 年度道路交通騒音・振動担当者説明会	Web 開催
1.26～2. 5	第 38 回全国環境研協議会東海・近畿・北陸支部研究会	堺市
2. 9	令和 5 年度大気分析研修	埼玉県
2.28～29	第 2 回 Ox 生成メカニズム勉強会 II 型共同研究「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」 VOC・PM _{2.5} 観測グループ会合	Web 開催
2.29	第 3 回 Ox 生成メカニズム勉強会	つくば市
3. 1	令和 5 年度全国環境研協議会企画部騒音振動担当者会議	Web 開催
3. 8	高圧ガス消費者対象保安講習会	奈良県
3.15	令和 5 年度環境放射能水準調査に係る技術検討会	Web 開催
3.19	環境大気モニタリング分科会 第 54 回研究会 IIAE 大気環境総合センター 令和 5 年特別セミナー『VOCs、BVOCs 等のフィールド分析を通して見えてくる環境大気の実態』	Web 開催

ii) 水質係

年・月・日	内 容	開 催 地
R 5. 4.27	II型共同研究「河川プラスチックごみの排出実態把握と排出抑制対策に資する研究」新年度会合	Web 開催
6.19	令和 5 年度環境測定分析統一精度管理調査 東海・近畿・北陸ブロック会議	Web 開催
6.20	II型共同研究「河川プラスチックごみの排出実態把握と排出抑制対策に資する研究」サブ 1・2 定例会合	Web 開催
6.21	第 47 回 環境研究合同発表会（主催：神奈川県市環境研究機関協議会）	Web 開催
8. 9	II型共同研究「河川プラスチックごみの排出実態把握と排出抑制対策に資する研究」サブ 3 定例会合	Web 開催
9. 4～15	令和 5 年度特定分析研修Ⅱ LC/MS/MS コース	所沢市
9. 7	奈良県産業振興総合センター 令和 5 年度研究発表会	奈良市
10.13	II型共同研究「河川プラスチックごみの排出実態把握と排出抑制対策に資する研究」サブ 1・2 定例会合	Web 開催
10.23	「廃棄物・土壌分野における PFAS 問題の動向と最新の知見」セミナー	Web 開催
11.16～17	第 50 回環境保全・公害防止研究発表会	鳥取市
12.19～20	令和 5 年度Ⅱ型共同研究「多様な水環境の管理に対応した生物応答の活用に関する研究」第 2 回 WS 打合せ	仙台市
12.26	II型共同研究「河川プラスチックごみの排出実態把握と排出抑制対策に資する研究」サブ 3 定例会合	Web 開催
R 6. 1.16～17	II型共同研究「災害時等における化学物質の網羅的簡易迅速測定法を活用した緊急調査プロトコルの開発」及び「公共用水域における有機-無機化学物質まで拡張した生態リスク評価に向けた研究」全体会合	つくば市
1.25～26	第 38 回全国環境研協議会東海・近畿・北陸支部研究会	堺市
1.29～30	令和 5 年度化学物質環境実態調査環境科学セミナー	東京都
2.20～21	II型共同研究「河川プラスチックごみの排出実態把握と排出抑制対策に資する研究」最終報告会	つくば市
3. 6～8	第 58 回日本水環境学会年会	福岡市

(2) 当センター職員を講師とする講演会、技術・研修指導

年・月・日	内 容	対 象 者	担 当
R 5. 8. 7～11	令和 5 年度奈良県庁インターンシップ（技術職）	奈良県内外の大学、 大学院、短期大学及び 高等専門学校の学生 2 名	大気担当 水質担当
R 5.10. 3～ 6	令和 5 年度奈良県立医科大学 公衆衛生学実習	奈良県立医科大学 医学部 4 年生 5 名	水質担当

(3) 国立環境研究所・地方環境研究所との共同研究

地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所とのⅡ型共同研究

「公共用水域における有機-無機化学物質まで拡張した生態リスク評価に向けた研究」

水質係 浦西洋輔

「河川プラスチックごみの排出実態把握と排出抑制対策に資する研究」

水質係 平山可奈子 浦西洋輔

「災害時等における化学物質の網羅的簡易迅速測定法を活用した緊急調査プロトコルの開発」

水質係 北岡洋平 浦西洋輔

「多様な水環境の管理に対応した生物応答の活用に関する研究」

水質係 平井佐紀子

「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」

大気係 村上友規 上林政貴 久保友佳子 志村優介

(4) 景観・環境総合センター研究発表会 ※詳細は本誌第3章第5節(2)参照

i) 令和5年6月23日

「微小粒子状物質(PM_{2.5})中の有機マーカーの季節別・時間別挙動について」

大気係 村上友規

「大和川水系岡崎川の水質改善に関する検討について」

水質係 北岡洋平

ii) 令和6年2月22日

「奈良県における大気粉じん中の多元素測定と解析」

大気係 志村優介

「奈良県における異常水質の原因特定事例について」

水質係 浦西洋輔

(5) 外部評価制度

i) 外部評価制度の導入

調査研究業務に客観的かつ公正な評価を加え、調査研究の充実とその成果の普及を図ることを目的に、平成19年度から保健環境研究センターとして外部評価制度を導入している。

平成25年度からは、保健環境研究センター大気環境担当・水環境担当が、景観・環境総合センター大気係・水質係へと組織変更され、保健環境研究センターは保健研究センターと名称変更されたが、外部評価制度は両者合同で行っている。

外部評価委員

(令和5年4月1日現在)

	氏 名	所 属
委員長	多賀 淳	近畿大学
委 員	須崎 康恵	奈良県立医科大学
委 員	山田 誠	龍谷大学
委 員	川崎 清史	同支社女子大学
委 員	片野 泉	奈良女子大学

ii) 令和5年度評価対象となった調査研究（当センター分のみ抜粋）

担 当	主任研究者	課 題 名	共同研究者
大気係	志村 優介	奈良県における大気粉じん中の多元素測定と解析	上林 政貴 村上 友規 吉田 実希 久保 友佳子
水質係	平山 可奈子	大和川流域におけるマイクロプラスチックの環境実態調査	浦西 洋輔

iii) 外部委員による総合評価

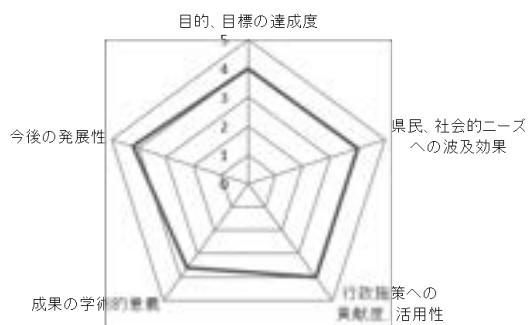
令和5年度の調査研究について、全体を通じ次のように評価された。

- ・忙しい業務の中でも、繰り返し性の高い、精度の高い研究をしていると感じた。
- ・社会のニーズに合った研究がされていたと感じた。
- ・価値の高い、面白いデータがたくさん見受けられた。ぜひ研究を継続してほしい。
- ・行政としてデータの蓄積だけでなく、新規性のある研究として発展させていくことを意識して研究を進めてほしい。
- ・調査研究の内容を、多くの県民に知ってもらう機会を作してほしい。

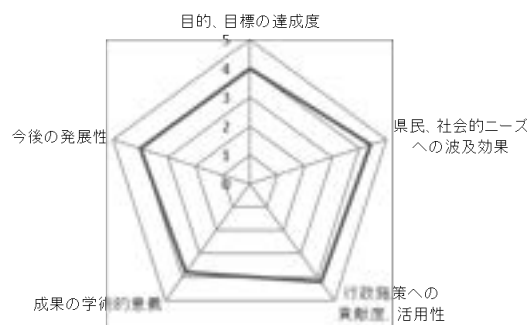
iv) 外部委員による個別評価

外部委員による評価は、①目的・目標の達成度、②県民・社会的ニーズへの波及効果、③行政施策への貢献度、活用性、④成果の学術的意義、⑤今後の発展性の観点から行われる。

それぞれについて、5段階評価で行い各委員の平均で表した。



奈良県における大気粉じん中の多元素測定と解析



大和川流域における
マイクロプラスチックの環境実態調査

第2章 試験・検査概況

大 気 係

大気係の業務は、大気中の特定粉じん、二酸化窒素、降下ばいじんの調査、有害大気汚染物質のモニタリング調査、微小粒子状物質成分分析調査、酸性雨調査、放射能の測定（原子力規制庁委託）、騒音の環境調査等である。

令和5年度に実施した業務内容の概要は以下のとおりである。なお、自排橿原局の廃止に伴い令和6年1月より、測定地点の橿原市を桜井市に変更した。

1. 大気環境

大気汚染物質による大気環境の状況を把握するために以下の調査を実施した。令和5年度に実施した大気汚染関係の検体数及び項目数を表1、表2に示した。

1) 特定粉じん(アスベスト)の調査

(1) 環境調査

大気中の特定粉じんの環境測定を、住宅地域(天理市)、商業地域(大和高田市)、工業地域(大和郡山市)、旧アスベスト製品取扱工場周辺(王寺町、斑鳩町)の計5箇所で行った(60検体)。

(2) 発生源調査

解体作業等の現場3箇所で行った(31検体)。

2) 大気汚染状況（簡易法による二酸化窒素（NO₂）等の調査

大気汚染の常時監視を補完するための調査で、トリエタノールアミン円筒ろ紙法（TEA法）によるNO₂等の測定を、一般環境(天理市、桜井市)と沿道（橿原市）の3地点について毎月行った(33検体)。（橿原市の測定は、令和5年12月まで）

3) 大気汚染状況（降下ばいじん量）の調査

桜井市において、簡易デポジットゲージ法により、降下ばいじん量の測定を毎月行った(12検体)。

4) 有害大気汚染物質調査

(1) 優先取組物質【VOCs】の測定

テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、ベンゼン等の11物質を、一般環境(天理市)、沿道(橿原市)、発生源周辺(大和郡山市)の3地点でキャニスター採取、GC/MS法で毎月測定した(84検体)。

また、酸化エチレンを一般環境(天理市)、沿道(橿原市)の2地点で捕集管採取、GC/MS法で毎月測定した(72検体)。

(2) 優先取組物質【アルデヒド類】の測定

ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの2物質を一般環境(天理市)、沿道(橿原市)の2地点で捕集管採取、HPLC法で毎月測定した(72検体)。

表1 令和5年度 大気汚染測定一覧表(検体数)

業務区分	測定内容	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計
行政測定	特定粉じん	アスベスト	15	0	0	15	0	0	15	4	17	15	5	5	91
	簡易法監視	NO ₂	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	33
	降下ばいじん	ばいじん量	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
	有害大気汚染物質	VOC (11)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	84
		酸化エチレン	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72
		アルデヒド (2)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72
		水銀	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	84
		金属 (5)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	84
	要監視項目	ベンゾ (α) ピレン	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72
		VOC (3)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72
		イオン (9)	0	58	0	0	58	0	0	58	0	0	58	0	232
	微小粒子状物質	無機元素成分 (29)	0	58	0	0	58	0	0	58	0	0	58	0	232
		炭素成分 (8)	0	58	0	0	58	0	0	58	0	0	58	0	232
		質量濃度	0	42	0	0	42	0	0	42	0	0	42	0	168
	酸性雨	イオン等 (11)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
	小 計		65	266	50	65	266	50	65	270	67	64	270	54	1,552
	自主検査		0	29	3	48	71	15	33	86	65	48	24	155	577
	合 計		65	295	53	113	337	65	98	356	132	112	294	209	2,129

※有害大気汚染物質、要監視項目及び微小粒子状物質については、二重測定及びブランクを含む。

表 2 令和 5 年度 大気汚染測定一覧表(項目数)

業務区分	測定内容	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計
行政測定	特定粉じん	アスベスト	15	0	0	15	0	0	15	4	17	15	5	5	91
	簡易法監視	NO ₂	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	32
	降下ばいじん	ばいじん量	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
	有害大気汚染物質	VOC (11)	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	924
		酸化エチレン	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72
		アルデヒド (2)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	144
		水銀	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	84
		金属 (5)	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	420
		ベンゾ (a) ピレン	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72
	要監視項目	VOC (3)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	216
	微小粒子状物質	イオン (9)	0	522	0	0	522	0	0	522	0	0	522	0	2,088
		無機元素成分 (29)	0	1,682	0	0	1,682	0	0	1,682	0	0	1,682	0	6,728
		炭素成分 (8)	0	464	0	0	464	0	0	464	0	0	464	0	1,856
		質量濃度	0	42	0	0	42	0	0	42	0	0	42	0	168
	酸性雨	イオン等 (11)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	132
	小計		191	2,886	176	191	2,885	176	191	2,890	193	190	2,890	180	13,039
	自主検査		4,216	1,147	882	2,208	739	27	2,603	2,441	1,949	3,200	2,160	5,270	26,842
	合計		4,407	4,033	1,058	2,399	3,624	203	2,794	5,331	2,142	3,390	5,050	5,450	39,881

VOC (11): アクリロニトリル, 塩化ビニルモノマー, クロロホルム, 1,2-ジクロロエタン, ジクロロメタン, テトラクロロエチレン
トリクロロエチレン, 1,3-ブタジエン, ベンゼン, トルエン, 塩化メチル
アルデヒド (2): ホルムアルデヒド, アセトアルデヒド
金属 (5): ニッケル化合物, ヒ素及びその化合物, ベリリウム及びその化合物, マンガン及びその化合物, クロム及びその化合物
VOC (3): キシレン類, 四塩化炭素, 1,1,1-トリクロロエタン
イオン (9): SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, Cl⁻, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺
無機元素成分 (29): Na, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Mo, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Hf, W, Ta, Th, Pb
炭素成分 (8): 有機炭素 (OC1, OC2, OC3, OC4) 元素状炭素 (EC1, EC2, EC3) 炭素補正值 (OCpyro)
イオン等 (11): 降水量, pH, EC, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺

(3) 優先取組物質【水銀】の測定

一般環境 (天理市), 沿道 (橿原市), 発生源周辺 (大和郡山市) の 3 地点で捕集管捕集法 (アマルガム捕集管), ダブルアマルガム方式水銀測定装置で毎月測定した (84 検体).

(4) 優先取組物質【金属 5 物質】の測定

一般環境 (天理市), 沿道 (橿原市), 発生源周辺 (大和郡山市) の 3 地点でハイボリュームエアーサンプラー採取, マイクロウェーブ加圧容器法で前処理の後, ICP/MS 法により, 毎月測定した (84 検体).

(5) 優先取組物質【ベンゾ(a)ピレン】の測定

一般環境 (天理市), 沿道 (橿原市) の 2 地点でハイボリュームエアーサンプラー採取, 超音波抽出, HPLC 法で毎月測定した (72 検体).

5) 要監視項目の測定

一般環境 (天理市) 1 地点でキシレン類, 及びオゾン層破壊物質 (四塩化炭素, 1,1,1-トリクロロエタン) 計 3 項目をキャニスター採取, GC/MS 法で毎月測定した (72 検体).

6) 微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の成分分析調査

一般環境 (天理局, 桜井局) 2 地点で成分分析調査を実施した. 調査日は令和 5 年 5 月, 8 月, 11 月, 令和 6 年 2 月の 4 季各 14 日間であった.

(1) イオン成分の測定

イオン成分 (SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, Cl⁻, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) 合計 9 項目を測定した (232 検体).

(2) 無機元素成分の測定

無機元素成分 (Na, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Mo, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Hf, W, Ta, Th, Pb) 合計 29 成分を測定した (232 検体).

(3) 炭素成分の測定

炭素成分 (有機炭素 OC1, OC2, OC3, OC4 元素状炭素 EC1, EC2, EC3 炭素補正值 OCpyro) 合計 8 成分を測定した (232 検体).

(4) 質量濃度の測定

質量濃度を測定した (168 検体).

7) 酸性雨調査

桜井市において降雨時自動開放型採取装置で採取した雨水について, 降水量, pH, 導電率, イオン成分濃度の測定を毎月行った (12 検体)

8) 化学物質環境汚染実態調査

環境省委託により, 一般環境 (天理局) 1 地点について, 大気試料採取等を実施した.

2. 放射能

原子力規制庁委託環境放射能水準調査事業として、降水、大気浮遊じん、降下物、蛇口水の放射性核種の分析及び空間放射線量率の測定については年間を通じて490検体の測定を行った。茶葉等の食品試料については8検体の測定を行った。各検体数および項目数については、表3、表4に示した。

また、原子力規制庁が実施した放射能分析確認調査に参加し、分析比較試料10検体の分析を行った。

3. 騒音・振動

(1)自動車騒音測定

道路沿道の自動車騒音について、2地点において24時間の騒音測定を行った。

(2)発生源周辺調査

事業場周辺の騒音・振動について、騒音、振動の測定はなかった。

(3)関係機関への騒音計、振動レベル計の貸出

市町村等関係機関に騒音計、振動レベル計等の貸出を行った(8件)。

4. 調査研究等

1) 調査研究

(1) 地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所とのⅡ型共同研究

「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」

(2) 奈良県保健研究センター及び景観・環境総合センター調査研究

「奈良県における大気粉じん中の多元素測定と解析」(外部評価)

(3) 奈良県保健研究センター及び景観・環境総合センター研究発表会

「微小粒子状物質(PM_{2.5})中の有機マーカーの季節別・時間別挙動について」

「奈良県における大気粉じん中の多元素測定と解析」

2) 事業に係る技術等検討

事業に係る技術等検討として令和5年度は以下の課題について検討を行った。

(1) 奈良県における大気粉じん中の六価クロム測定法の検討〔上林政貴〕

(2) 県内におけるPM_{2.5}の測定結果考察及び発生源解析について(R1～R3)〔村上友規〕

(3) 奈良県における光化学オキシダントの新指標による解析〔吉田実希〕

(4) 県内大気中のホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの状況〔久保友佳子〕

(5) 県内大気中のアルデヒド類及びBVOCの挙動について〔久保友佳子〕

表3 令和5年度 放射能測定一覧表(検体数)

業務区分	測定区分	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計
行政測定	環境放射能		40	42	44	39	46	40	36	39	41	40	40	43	490
	食品放射能		0	0	2	1	1	1	0	1	2	0	0	0	8
	精度管理(その他)		0	0	1	2	2	4	0	0	1	0	0	0	10
	小計		40	42	47	42	49	45	36	40	44	40	40	43	508
	自主検査		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計		40	42	47	42	49	45	36	40	44	40	40	43	508

表4 令和5年度 放射能測定一覧表(項目数)

業務区分	測定区分	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計
行政測定	環境放射能		42	44	48	45	48	44	38	41	45	42	42	47	526
	食品放射能		0	0	6	3	3	3	0	3	6	0	0	0	24
	精度管理(その他)		0	0	64	128	128	256	0	0	64	0	0	0	640
	小計		42	44	118	176	179	303	38	44	115	42	42	47	1,190
	自主検査		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計		42	44	118	176	179	303	38	44	115	42	42	47	1,190

水 質 係

水質係では、水質汚濁防止法及び廃棄物処理法に基づく行政検査のほか、県行政機関依頼の緊急的な水質検査及び景観・環境総合センター手数料条例に基づく各種の水質検査等を主な業務としている。

行政検査としては、公共用水域の水質常時監視、工場・事業場等の立入調査に伴う排水基準監視、地下水の水質常時監視、底質・土壌、ゴルフ場排水に関する水質検査、廃棄物処理法に基づく一般廃棄物・産業廃棄物施設関係の水質検査を行った。また、環境省から委託された化学物質環境汚染実態調査に関する検査を実施した。

令和5年度に実施した検査の区分ごとの概要は以下のとおりである。検体数及び項目数は、それぞれ表1及び表2に示した。

1. 行政検査

1) 河川水等の検査

(1) 公共用水域の水質監視

公共用水域の水質汚濁状況を常時監視するために、県が定めた「令和5年度公共用水域及び地下水の水質測定計画」に基づいて大和川水系、紀の川水系及び淀川水系の計72地点の水質検査を実施した。検査項目

は、一般項目として透視度等3項目、生活環境項目としてBOD等10項目、健康項目としてカドミウム等27項目、特殊項目としてクロム等6項目、その他項目として塩化物イオン等11項目、要監視項目としてクロロホルム等27項目の計84項目であった(416検体, 6,690項目)。なお、水系別の検体数及び項目数を表3に示した。

(2) 行政河川水等の検査

上記の公共用水域の水質監視を除く河川水等の水質検査を実施した(230検体, 1,563項目)。内訳を以下に記す。

① 産業廃棄物関係水質検査

産業廃棄物埋立処分施設等の周辺河川水について水質検査を実施した(37検体, 539項目)。

② その他の水質検査

魚のへい死、事故等による緊急時検査、苦情処理等に関わる検査、及びその他の行政上必要な検査を実施した(193検体, 1,024項目)。

2) 排水水等の検査

(1) 工場・事業場等立入調査

水質汚濁防止法及び県生活環境保全条例等により排水基準が適用される工場・事業場、有害物質を排出するおそれのある工場・事業場及び排出量50m³/日未満

表1 令和5年度 水質検査一覧表(検体数)

区分	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計
河川水等	公共用水域	39	33	32	39	33	41	39	33	32	41	21	33	416
	行政河川	54	56	12	21	9	6	17	8	18	11	15	3	230
	小計	93	89	44	60	42	47	56	41	50	52	36	36	646
	依頼検査	3	22	4	11	9	1	20	22	5	0	24	5	126
	自主検査	30	225	25	66	259	20	122	79	279	64	148	75	1,392
排水水等	合計	126	336	73	137	310	68	198	142	334	116	208	116	2,164
	立入	3	9	14	9	10	16	8	20	8	12	11	2	122
	行政放流水	3	12	7	2	12	3	4	11	1	2	16	0	73
	小計	6	21	21	11	22	19	12	31	9	14	27	2	195
	依頼検査	1	8	1	3	0	4	1	9	1	3	1	5	37
地下水	自主検査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	7	29	22	14	22	23	13	40	10	17	28	7	232
	定期調査	0	0	0	7	9	9	10	0	0	0	0	0	35
	行政地下水	0	7	3	0	16	0	18	8	11	0	6	0	69
	再調査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
底質・土壌等	自主検査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	0	7	3	7	25	9	28	8	11	0	6	0	104
	行政検査	0	15	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	18
	自主検査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	0	15	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	18
ゴルフ場排水	行政検査	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	11
	依頼検査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	11
	合計	133	387	98	158	358	111	239	191	355	134	242	123	2,529
	合計													

表2 令和5年度 水質検査一覧表（項目数）

区分	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計
河川水等	公共用水域	455	510	759	641	926	634	786	394	368	541	313	363	6,690
	行政検査 行政河川	294	379	78	198	57	33	119	149	67	85	95	9	1,563
	小 計	749	889	837	839	983	667	905	543	435	626	408	372	8,253
	依頼検査 依頼河川	18	155	48	76	66	8	138	155	56	0	152	30	902
	自主検査 調 査	30	618	443	459	654	437	519	493	670	456	517	443	5,739
	合 計	797	1,662	1,328	1,374	1,703	1,112	1,562	1,191	1,161	1,082	1,077	845	14,894
排水水等	立 入	21	50	84	59	72	97	48	120	42	71	59	12	735
	行政検査 行政放流水	32	228	170	10	102	62	42	91	12	21	156	0	926
	小 計	53	278	254	69	174	159	90	211	54	92	215	12	1,661
	依頼検査 放流水	6	58	5	23	0	35	6	67	5	23	3	26	257
	自主検査 調 査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合 計	59	336	259	92	174	194	96	278	59	115	218	38	1,918
地下水	定期調査	0	0	0	413	417	475	479	0	0	0	0	0	1,784
	行政検査 行政地下水	0	70	20	0	160	0	169	80	11	0	62	0	572
	再調査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	自主検査 調 査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合 計	0	70	20	413	577	475	648	80	11	0	62	0	2,356
底質・土壌等	行政検査	0	256	0	0	13	0	0	13	0	13	0	0	295
	自主検査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合 計	0	256	0	0	13	0	0	13	0	13	0	0	295
ゴルフ場排水	行政検査	0	0	0	0	0	528	0	0	0	0	0	0	528
	依頼検査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合 計	0	0	0	0	0	528	0	0	0	0	0	0	528
総 計		856	2,324	1,607	1,879	2,467	2,309	2,306	1,562	1,231	1,210	1,357	883	19,991

表3 令和5年度 水系別水質検査検体数及び項目数

区分	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	合計
大和川	検体数	36	16	16	36	16	18	36	16	16	37	17	17	277
	項目数	419	298	584	604	203	217	749	203	193	502	214	188	4,374
紀の川	検体数	3	4	14	3	4	14	3	4	14	3	4	14	84
	項目数	36	170	165	37	146	165	37	169	165	34	99	165	1,388
淀 川	検体数	0	13	2	0	13	9	0	13	2	1	0	2	55
	項目数	0	42	10	0	577	252	0	22	10	5	0	10	928
新宮川	検体数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	項目数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計	検体数	39	33	32	39	33	41	39	33	32	41	21	33	416
	項目数	455	510	759	641	926	634	786	394	368	541	313	363	6,690

の小規模事業場の排水等について水質検査を実施した (122 検体, 735 項目)。

(2) 排水水等の行政検査

産業廃棄物埋立処分施設等からの排水について行政依頼による水質検査を実施した (73 検体, 926 項目)。

3) 地下水の検査

地下水の水質状況を常時監視するために、県が定めた「令和5年度公共用水域及び地下水の水質測定計画」に基づく 38 地点の定期水質検査を実施した。検査項目は、健康項目としてカドミウム等 27 項目、要監視

項目及びその他項目として 23 項目であった (35 検体, 1,784 項目)。

また、全国的に地下水汚染が問題になっていることを受け、本県において過去に基準超過が見られた地下水について行政上必要な検査を実施した (69 検体, 572 項目)。

4) 底質・土壌等の検査

底質・土壌等についての成分等の検査を実施した (18 検体, 295 項目)。

5) ゴルフ場排水の検査

ゴルフ場排水中の農薬検査を実施した (11 検体, 528 項目).

6) 化学物質環境汚染実態調査に関する検査(4 検体, 4 項目)

環境省委託により大和川本川の 1 地点について、底質 3 検体及び水質 1 検体の試料採取を実施し、うち水質 1 検体については酢酸 *n*-プロピル、*N,N*-ジエチル-3-メチルベンズアミド、シプロフロキサシン、*N'*-tert-ブチル-*N*-シクロプロピル-6-(メチルチオ)-1,3,5-トリアジン-2,4-ジアミンの分析を実施した。

2. 依頼検査

景観・環境総合センター手数料条例に基づき、手数料を徴収して以下の検査を実施した。

1) 河川水等の検査

市町村等からの依頼により水質検査を実施した (126 検体, 902 項目).

2) 排水水等の検査

一般廃棄物処理関連施設等からの依頼により排水の水質検査を実施した (37 検体, 257 項目).

3. 調査研究等

1) 調査研究

(1) 国立環境研究所とのII型共同研究

①「災害時等における化学物質の網羅的簡易迅速測定法を活用した緊急調査プロトコルの開発」

医薬品を始めとする生活由来物質や無機化学物質による環境汚染リスクを解明するため、これらの化学物質を対象に国内をフィールドとした汚染実態、リスク評価を行う。令和 5 年度は河川中の化学物質群を選定するため、AIQS を用いて網羅分析を実施した。

②「河川プラスチックごみの排出実態把握と排出抑制対策に資する研究」

陸域から海域へ流出するプラスチックの分布実態を把握することが必要である。しかしながら、河川プラスチックごみの実態について調査・研究事例は少なく、国内河川における継続した調査を必要としている。令和 5 年度は、選定した地点でのプラスチックごみ実態把握調査を実施した。

③「多様な水環境の管理に対応した生物応答の活用に関する研究」

環境省では、現在の化学物質の個別規制では対応できない、未知物質や規制対象外の物質、さらには物質間の複合的な影響等も含めて評価する手法として、生物応答を利用した WET 手法の導入を検討している。

だるま橋における水生生物への影響について、ニセネコゼミジンコを用いるミジンコ繁殖試験法を実施し、本年報に掲載した。

(2) 行政上必要とされる課題研究

「大和川水系岡崎川の水質改善に関する検討」

令和 4 年度に引き続き、岡崎川の水質調査を行った。令和 5 年度は調査地点を増やすことで、原因となる地点の範囲が判明した。令和 4 年度と比較し、BOD 値が低値であったが全体的に流量が多かったことがその一因と考えられる。また、2 年間の調査で採水時に流末において水が茶褐色に濁り悪臭を放っているときがあり、時期により、何らかの異物が大量に混入している可能性が示唆された。令和 4 年度はその回数が多かった。そのため、環境基準達成のために環境用水利用のシミュレーションを行った結果、令和 5 年度は令和 4 年度と比較し、少ない水量の利用で環境基準を満たすことが判明した。

(3) 奈良県保健研究センター及び景観・環境総合センター調査研究

「大和川流域におけるマイクロプラスチックの環境実態調査」(外部評価)

河川 MPs について、県内大和川水系最下流域及び下水処理施設放流水を対象に環境実態調査を行った。結果、河川においては、他の国内河川と同程度の MPs が奈良県内河川でも存在していたが、採水時期によるばらつきが大きかった。一方、放流水においては、流量・MPs 個数密度ともに河川より小さく、形状割合・材質も河川と異なる傾向であるという知見を得た。

(4) 奈良県保健研究センター及び景観・環境総合センター研究発表会

「岡崎川の水質改善に関する検討について」

「異常水質原因物質特定事例について」

2) 事業に係る技術等検討

事業に係る技術等検討として令和 5 年度は以下の課題について検討を行った。

(1) AIQS を用いた網羅分析法の構築 [浦西洋輔]

(2) WET 法によるだるま橋の生物影響評価について [平井佐紀子]

(3) 大和川水系岡崎川の水質改善に関する検討 [北岡洋平]

(4) 大和川水系におけるマイクロプラスチック汚染の実態調査 [平山可奈子]

(5) 河川水の糞便性大腸菌に含まれる大腸菌の割合の変動について [平城均]

第3章 調査研究・報告

第1節 研究報告

奈良県における PM_{2.5} 中の SOA トレーサー及び VOC の昼夜別観測

村上友規・高林愛*・久保友佳子・上林政貴・杉本恭利

Day and Night Observations of SOA Tracers and VOCs in PM_{2.5} in Nara

MURAKAMI Yuki・TAKABAYASHI Megumi・KUBO Yukako・KAMBAYASHI Masaki・SUGIMOTO Kiyotoshi

SOA 及び前駆物質である VOC の昼夜別観測を実施した。植物由来 VOC について、 α ピネンは季節を問わず昼<夜の傾向を示した一方で、イソプレンは夏期のみ明瞭に高濃度となり昼>夜の傾向を示した。また、植物由来の SOA の挙動については、共に昼>夜の日内変動を示した。トルエン濃度は明確な昼夜別の差は確認できなかったが、トルエンの分解物である DHOPA については、夏期に明瞭な昼>夜の日内変動を示した。

緒 言

2021年9月、世界保健機関（WHO）により微小粒子状物質（PM_{2.5}）の推奨値が年平均 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ に引き下げられたことから、今後は更なるPM_{2.5}濃度の低減が望まれている¹⁾。PM_{2.5}に関する科学的知見の集積のため、2013年度以降より全国的にPM_{2.5}成分分析が実施されており、これまでの奈良県におけるPM_{2.5}成分分析結果を長期解析したところ、PM_{2.5}を構成する成分のうち硫酸イオン（SO₄²⁻）等の濃度は43.8～47.9%程度減少している一方で、主要成分である有機炭素（OC）の濃度は約9%程度の減少に留まっている²⁾。また、全国規模でも同様の解析がなされており、OC濃度に経年的な減少が見られないことが報告されている³⁾。このことから、今後のPM_{2.5}濃度低減に向けた取り組みに際し、OCの環境動態の解明が重要な課題となる。

OC は一次有機エアロゾル（POA）と二次有機エアロゾル（SOA）に大別される。前者は自動車排ガスや固定発生源等から直接排出され、後者は各種発生源から放出された揮発性有機化合物（VOC）が大気中のO₃ラジカルやOHラジカル等と反応することで二次生成されることが知られている⁴⁾。それ故、今後のOC濃度の低減には、SOAの環境動態の解明が必要不可欠であるが、そのためにはSOAの前駆物質であるVOCの環境動態も合わせて議論する必要がある、新たな知見の蓄積が望まれている。そこで、奈良県におけるSOA及びVOCの環境動態の解明を目的として、昼夜別の同時観測を実施した。また、SOAの挙動把握に際し、発生源から一次排出或いは二次生成された特有の有機指標成分となるいくつかの有機トレーサーのうち、特にSOAトレーサーの挙動に着目した。得られた結果から、季節別及び時間別の傾向についての知見が得られたので報告する。

方 法

1. 観測について

PM_{2.5}及びVOCの観測は、奈良県桜井市にある景観・環

境総合センター屋上（以下、桜井）にて実施した。桜井は地方都市の市街地に位置し、北側20mに中和幹線（県道105号）、西側30mに天理街道（国道169号）と、県内の主要な幹線道路が交差する位置にある。また、東側には森林地帯が広がっており、周辺には田畑も点在する。そのため、暖候期には α ピネンやイソプレンなどの植物を起源とするVOC（BVOC）、寒候期には野焼き等のバイオマス燃焼の影響を受けやすい地域でもある。観測期間は昼9～17時、夜17～翌9時の時間分解で行い、夏期（2022年8月22日～26日）、秋期（2022年11月14日～18日）、冬期（2023年1月30日～2月3日）及び春期（2023年5月22日～26日）の期間で1週間連続サンプリングを実施した。PM_{2.5}はハイボリュームエアサンプラ（以下、HV）にSIBATA製PM_{2.5}インパクトを取り付け、石英繊維フィルタに捕集した。VOCは昼夜共に6Lキャニスターの約8割程度まで大気試料を捕集できるようリトリクタ及びマスフローコントローラーを調整し、一定流量で捕集した。なお、冬期はPM_{2.5}のみ捕集した。考察に用いたPM_{2.5}質量濃度等の常時監視データ及び気温や風向風速等の気象データは常時監視局である桜井局（一部、天理）のデータを利用した。



図1 県内サンプリング地点（桜井局）

*奈良県水道局広域水道センター

2. 有機トレーサー成分の分析

有機トレーサー成分の分析は、池盛らの方法を参考にを行った⁹⁾。具体的には、捕集後の石英繊維フィルタの一部を試験管に切り出し、ジクロロメタン/メタノールを用いて、石英繊維フィルタから対象となる有機トレーサー成分を超音波抽出した。遠心分離後、抽出液の一部を分取し、窒素吹付けにより乾固させ、*N,O*-Bis (trimethylsilyl) trifluoroacetamide (BSTFA) と Trimethylsilyl chloride (TMCS) の混合試薬 (BSTFA+1%TMCS) を 40 μ L、更にピリジンを 10 μ L 加え、恒温槽内にて 75°C で 2 時間加熱し、誘導体化を行った。誘導体化後、イソオクタン 200 μ L を用いて希釈し GC/MS で測定した。VOC は環境省の有害大気汚染物質測定方法マニュアルの方法に従い、PAMS ガスや HAPs ガスに含まれる VOC 成分を測定した⁷⁾。なお、試薬は全て富士フィルム和光純薬製のものを使用した。

3. 対象となる VOC 及び SOA

各 SOA トレーサーの前駆物質となる VOC について、針葉樹林由来は α ピネン、広葉樹林由来はイソプレン及び人為起源由来はトルエンとした。各 SOA トレーサー成分について、以下に詳細を記述する。

1) α ピネン由来 SOA トレーサー

α ピネンに由来する SOA トレーサー成分としては、Pinic acid (以下、PA)、Pinonic acid、3-Methylbutane-1,2,3-tricarboxylic acid (以下、MBTCA) 及び 3-Hydroxyglutaric Acid などがあり、大気中のエージングにより、Pinonic acid から、PA、MBTCA と酸化段階が進行することが知られている⁹⁾。なお、Pinonic acid については、サンプリングに石英繊維フィルタを用いた場合、ガス吸着の影響が大きく、解析の際には注意が必要となる⁹⁾。その為、本研究で取り扱う α ピネンに由来する SOA トレーサーとしては、PA 及び MBTCA のみを取り扱うこととした。

2) イソプレン由来 SOA トレーサー

イソプレン由来の SOA トレーサーとしては、2-methyl erythritol (以下、2ME)、2-methylthreitol (以下、2MT) 及び 2-methylglyceric acid (以下、2MGA) などがあり、これらは、大気中の NO_x 濃度によりそれらの二次生成挙動が影響されやすいことが知られている。なお、Pinonic acid ほどではないが、2ME や 2MT も石英繊維フィルタにガス吸着することが知られているため⁹⁾、データの取り扱いには注意が必要である。本研究における分析を実施した時点では、これら成分を定量する際に標準物質を保有していなかったため、定量は阪井らの方法¹⁰⁾を参考に Erythritol による検量線を用いた。以上のことから、得られた定量値には若干の不確かさを含んでいる。そのため、イソプレン由来の SOA トレーサーの考察を行う際には定量値は参考値とし、

その値の日内変動に焦点を当てることとする。

3) 人為起源由来 SOA トレーサー

人為起源の SOA トレーサーとしては、2,3-Dihydroxy-4-oxopentanoic acid (以下、DHOPA) やフタル酸等が知られており、前者は主にトルエンなどの単環芳香族を、後者はナフタレンなどの二環芳香族を前駆物質にもつことがチャンバー実験などの結果からも知られている¹¹⁾。本研究では、ナフタレンについては測定していないため、単環芳香族の分解物である DHOPA とその前駆物質であるトルエンについてのみ記述する。

以上を総括すると、各 SOA トレーサーについて、 α ピネンの分解生成物としては PA 及び MBTCA を、イソプレンの分解生成物としては 2ME、2MT 及び 2MGA を、トルエンの分解生成物としては DHOPA をそれぞれ対象成分とした。

結果と考察

1. 常時監視結果及び気象条件

図 2 に観測期間中における $\text{PM}_{2.5}$ 濃度、 NO_x 濃度、非メタン炭化水素濃度 (NMHC)、光化学オキシダント濃度 (O_3) 及び光学的黒色炭素粒子 (OBC) の常時監視結果を、図 3 に気温、及び風向風速の気象データを示す。

春期の $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度は 5 月 22 日 20:00~23:00 にかけて急上昇し、最高で 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した後に急減した。同時期に観測を実施していた $\text{PM}_{2.5}$ 成分分析の結果では、 Ca^{2+} 及び NO_3^- 濃度が上昇している。黄砂は日本の表層土と比較して Ca^{2+} の含有量が高いことが知られており、 NO_3^- は主として大気中の HNO_3 が黄砂粒子表面の Ca^{2+} と反応して $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ を生成することが報告されている¹²⁾。また、図には示していないが、別に後方流跡線解析を実施した結果からも、黄砂による高濃度事例であることが推察された。

夏期は連日 30°C を超え、観測期間を通じて降雨がなく、二次生成が起りやすい環境であった。 O_3 濃度は 8 月 26 日の 16:00 に 88 ppb を示し、観測期間を通じて最も高い濃度となった。

秋期の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度は 11 月 14 日から 11 月 18 日にかけて、緩やかな右肩上がりで見られた。また、春期及び夏期と比較して、NMHC の値もスポット的に上昇する時間帯が見られた。秋期の特徴として、OBC 濃度が 11 月 17 日の 18:00 から 6.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで急上昇し、その後、約 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の高濃度を示した。OBC は物質が燃焼したときに発生する”スス”に近い性質であり、燃焼時に多く放出されることが知られている¹³⁾。稲の収穫が盛んになる季節である事からも、OBC 濃度の急上昇は野焼きによる影響が疑われた。

冬期の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度は 2 月 1 日の 11:00 に 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示したが、観測期間を通じて平均 7.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と他の季節と比較して

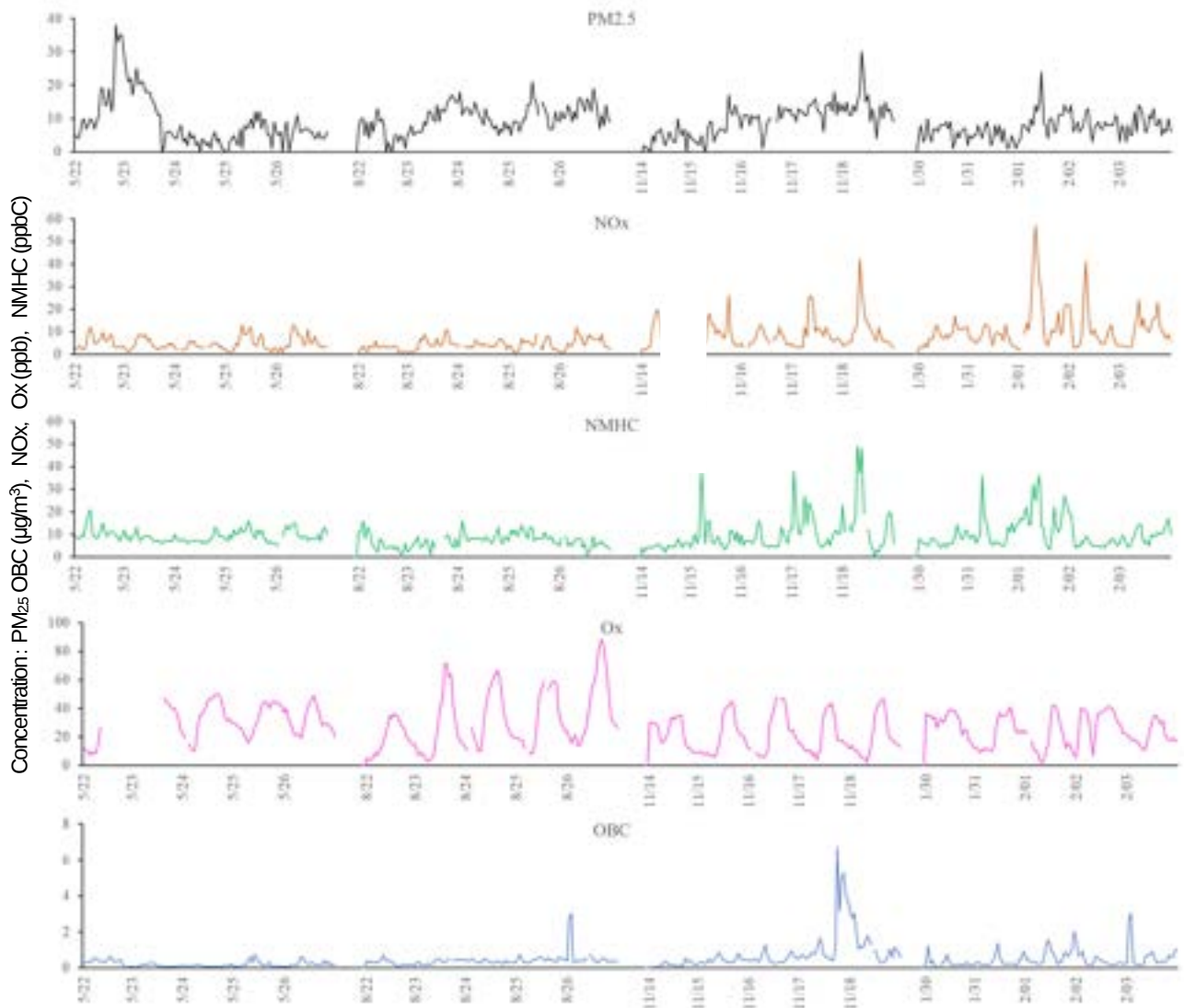


図2 桜井局(OBC, NMHCは天理)におけるPM_{2.5}, NO_x, NMHC, Ox, OBC データ

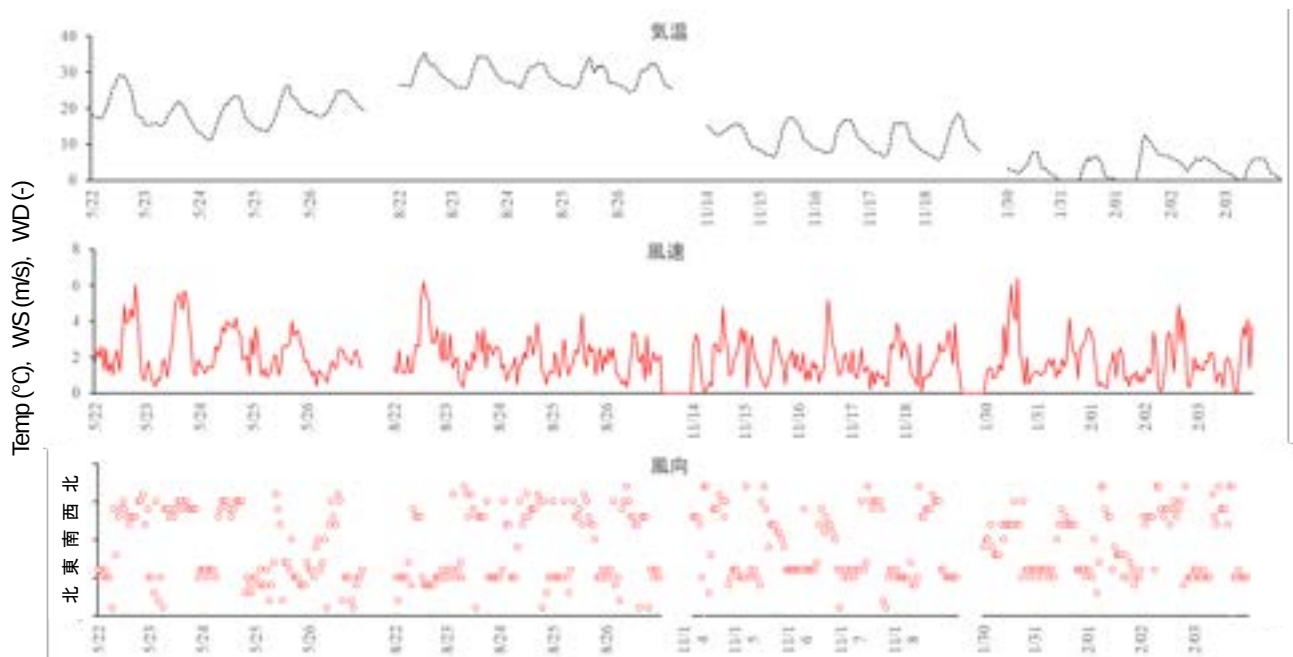


図3 桜井局における気温, 風速, 風向データ(2022年8月22日～2023年5月26日)

低濃度となった。しかし一方で、 NO_x 濃度は4季節のうち最も高い濃度を示した。気象条件は、気温は春期に 25°C の夏日を超える日が3日あり、うち5月22日は約 30°C と真夏日に迫る日もあったが、夏から冬にかけては、概ね平年通りであった。風向風速は年間を通じて昼は北から西風の影響を、夜は東から南風の影響を受ける地理的特徴であった。

2. 針葉樹林由来の BVOC 及び SOA について

前駆物質である α ピネン、及び SOA トレーサーである PA 及び MBTCA の日内変動について図4に示す。

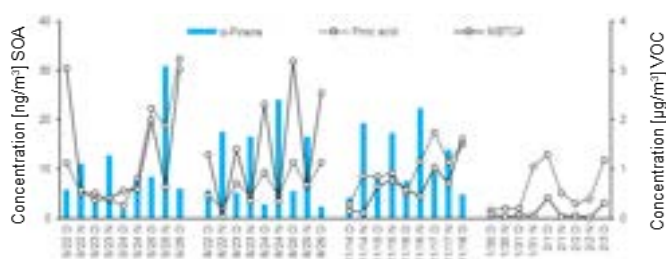


図4 α ピネン(棒グラフ)と SOA トレーサー(折れ線グラフ)

結果は、 α ピネン濃度は季節を問わず昼く夜の傾向を示した。 α ピネン及び β -ピネンに代表される BVOC は主に針葉樹林などから発生し、葉の貯蔵組織から気孔を介して放散されることから、それらの放散速度 E_M は温度に依存する関数であることが知られている。参考までに、G93 モデルにより提案されている推計式として、以下のようなものがある¹³⁾。

$$E_M = E_S \exp\{\beta(T - T_S)\} \quad \text{式(1)}$$

E_S : 植種ごとの基礎放出速度、 β : 実験値からの経験的係数

T : 葉温(K), T_S : 基準温度(303K), E_M : 各植種からの放出速度($\mu\text{mol/g} \cdot \text{h}$)

式(1)によれば α ピネンの発生は温度の関数となるため、理論上は気温が最も高くなる昼間に発生量が最大となるはずである。しかし、観測結果は図4のとおり、夜間に VOC 濃度が高くなる挙動を示していた。この理由として、昼間は α ピネンの発生と並行して O_3 ラジカルやOHラジカルによる α ピネン分解の影響も同時に受けるため、発生と分解の収支関係により結果的に夜間の濃度が高くなったことが推察された。

前駆物質である VOC から SOA の二次生成は、一般的に気温や全天日射量が増加し、光化学反応の影響が強くなる夏期に盛んになることが知られている。 α ピネン由来の SOA トレーサーである PA や MBTCA 濃度の日内変動について季節ごとに概観すると、特に夏期において明瞭に昼>夜の傾向を示した。本研究と共同で観測を実施した池盛らの報告によれば、大阪府と名古屋市では同様の日

内変動は確認できておらず、桜井のみの特有な挙動となっている¹⁴⁾。それ故、 α ピネンの発生源とされる吉野杉針葉樹林帯に近い桜井の地理的特徴ではないかと推察される。MBTCA の生成経路として α ピネンの分解からピノン酸および PA を経て MBTCA が生成することが知られており、この生成段階の違いを利用して、PA と MBTCA の比率である PA/MBTCA 比が酸化進行の指標として利用されている¹⁵⁾。そこで、本研究における季節別の MBTCA/PA 比を比較したものを表1に示す。結果は、夏期の昼間において最も高い値を示した、一方で、寒候期は0に近い値となったことから夏期における光酸化の影響が示唆された。また、5月25日夜には α ピネン濃度が急上昇した一方で、MBTCA/PA 比は0.35 と春期で最も低い値を示した。同日には県南部(風屋観測所)で最大 4.7 m/s の南風が観測されていた。また、夜間は OH ラジカルが発生しないため、酸化が進行しにくい条件であり、Pinic acid から MBTCA への酸化が起りにくいと考えられる。そのため、針葉樹林帯から排出された酸化の進んでいない気塊が観測地点へ輸送された可能性が推察された。

表1 MBTCA/PA 比(桜井4季節)

		Pinic acid	MBTCA	MBTCA / Pinic acid
春期	昼間	14.74	18.01	1.22
	夜間	8.99	5.54	0.62
夏期	昼間	8.77	21.52	2.45
	夜間	4.50	3.57	0.79
秋期	昼間	9.79	8.07	0.82
	夜間	8.21	4.13	0.50
冬期	昼間	6.27	1.88	0.30
	夜間	5.38	0.39	0.07

3. 広葉樹林由来の VOC 及び SOA について

前駆物質であるイソプレン及び SOA トレーサー成分である 2ME、2MT 及び 2MGA の日内変動について図5に示す。

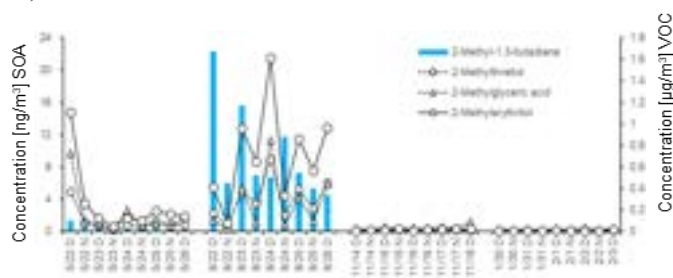


図5 イソプレン(棒グラフ)と SOA トレーサー(折れ線グラフ)

イソプレン濃度は夏期のみ明瞭に高濃度となり、それ以外の季節は低濃度となった。また、同濃度の日内変動は植物からの放出が活発に行われる昼間に比較的高濃度になる傾向にあり、 α ピネンの日内変動とは異なる傾向を示した。イソプレンは広葉樹林などからの光合成に伴

って植物から大気中へ放散されることから、それらの大気中への放散速度 E_L は温度及び光強度に依存することが知られている。参考までに、モノテルペン類と同様に G93 モデルにより提案されている推計式¹³として、式(2)~(4)がある。

$$E_L = \varepsilon \times C_L \times C_T \quad \text{式(2)}$$

$$C_L = \frac{\alpha C_{L1} L}{\sqrt{1 + \alpha^2 L^2}} \quad \text{式(3)}$$

$$C_T = \frac{\exp\{C_{T1}(T - T_M)/(RT_S T)\}}{1 + \exp\{C_{T2}(T - T_S)/(RT_S T)\}} \quad \text{式(4)}$$

ε : 基礎放出速度, C_L : 日射量経験式, C_T : 温度経験式, T_S : 標準条件での葉温(K), L : 光合成有効光量子束密度(PPFD), T : 葉温, R : 気体定数(J/K・mol) α , C_{L1} , C_{T1} , C_{T2} , T_M : 経験的な係数

推計式より、日光の当たらない夜間において光合成有効光量子束密度は 0 に近くなることから、イソプレンは夜間にほとんど放出されないことがわかる。そのため、夜間はイソプレンの分解のみが進行し昼間と比較して低濃度となったことが推察された。

イソプレン由来の SOA トレーサーのうち、2ME 及び 2MT は、前駆物質であるイソプレンと同様に、夏期に高濃度となり、日内変動は昼>夜の傾向を示していた。また、春期の SOA トレーサー濃度は 5 月 22 日の昼間に高濃度となっていたが、先述のとおり、当日は黄砂とみられる現象があったが、因果関係については不明である。

イソプレン由来の SOA トレーサーは環境中の NO_x 濃度に影響を受けることが知られている。そこで、観測期間における NO_x 濃度と 2ME、2MT 及び 2MGA 濃度の関係について比較した。図 6 に常時監視局で測定された NO_x 濃度の値(折れ線グラフ)と、2ME、2MT 及び 2MGA の合計値を 100%とした濃度の割合を示す。季節ごとの結果は、 NO_x 濃度の低い春期及び夏期には 2ME 及び 2MT の割合が大きくなった一方で、 NO_x 濃度の高くなる秋期及び冬期は 2MGA の割合が大きくなる傾向を示した。本研究では桜井の結果のみの報告となるが、 NO_x 濃度の異なる地点(例えば、 NO_x 濃度が高濃度となる都市部)との比較観測を行うことで、より詳細な考察が可能になると考えられる。

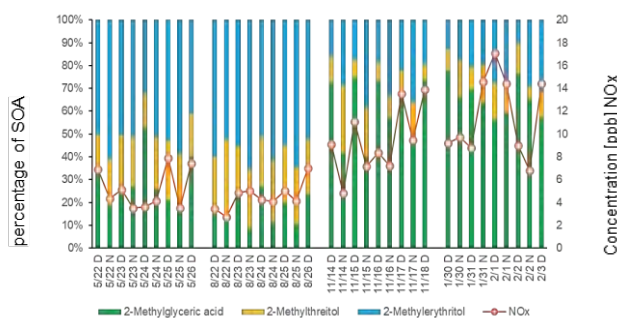


図 6 イソプレン由来 SOA トレーサー(棒グラフ)と NO_x 濃度(折れ線グラフ)

4. 人為起源由来 VOC 及び SOA について

前駆物質であるトルエン及び SOA トレーサー成分である DHOPA の日内変動について図 7 に示す。トルエンは期間を通じて夜間に濃度が上昇しやすい傾向であったが、必ずしも全期間に共通したことなく、日によっては昼間にトルエン濃度が増加することもあった。トルエンは固定発生源等を含む様々な発生源から排出され、さらに植物起源 VOC と比較して大気寿命が長いことから分解に比較的時間を要し、排出と分解の収支関係が複雑な関係となっている。そのため昼夜別観測を行った場合、トルエン濃度の日内変動はランダムな挙動を示した。

トルエン由来の SOA トレーサーである DHOPA については、夏期に明瞭な昼>夜の日内変動を示した。この要因として、昼間の二次生成も一部寄与していることが推察されるが、前述の通り、前駆物質であるトルエンは、固定発生源や移動発生源など複数の発生源が存在するため、本研究データをもって解析を行うことは困難である。その為、人為由来の VOC と併せた考察については、時間分解を高めた観測等を実施し、今後もデータの蓄積が望まれる。



図 7 トルエン(棒グラフ)と SOA トレーサー(折れ線グラフ)

まとめ

α ピネン濃度は、観測期間において季節を問わず昼<夜の傾向を示した。また、 α ピネン分解物のうち、PA や MBTCA 濃度について、 α ピネンとは対照的に明瞭な昼>夜の日内変動を示した。季節別の MBTCA/PA 比を比較したところ、夏期の昼間において最も高い値を示し、OH ラジカルによる光酸化の影響が示唆された。一方で、寒候期は 0 に近い値となり、光酸化が起こりにくい状況にあった。

イソプレン濃度は観測期間を通じて夏期のみ明瞭に高濃度となった。また、日内変動については、植物からの放出が活発に行われる昼間に高濃度になる傾向にあった。イソプレン由来の SOA トレーサーのうち、2ME 及び 2MT は、前駆物質であるイソプレンと同様に、夏期に高濃度となった。また、夏期の 2ME 及び 2MT の日内変動については、昼>夜の傾向を示していた。

人為起源 VOC について、前駆物質であるトルエンは期間を通じて夜間に濃度が上昇しやすい傾向であったが、必ずしもすべての期間に共通したことなく、日によ

っては昼間の方がトルエン濃度が高いときもあった。また、トルエンの分解物である DHOPA については、夏期に明瞭な昼＞夜の日内変動を示した。前駆物質であるトルエンは複数の発生源があり、そのことが解析を困難にしている。その為、人為由来の VOC と併せた考察については、今後もデータの蓄積が望まれる。

謝 辞

本研究に関する内容は、国立環境研究所と地方環境研究所のII型共同研究の一環として実施しました。また、有機トレーサーの分析方法をご指導いただきました名古屋市の池盛様を初め、関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) WHO : WHO global air quality guidelines (2021)
- 2) 村上友規,志村優介,高林愛,他：奈良県景観・環境総合センター研究報告, 10, 27-31(2022)
- 3) 浅川大地：大阪市立環境科学研究センター報告 第5集,29-34 (2021)
- 4) Kumagai, K.: *The 62nd Annual Meeting of Japan Society for Atmospheric Environment*, 134-135 (2021)
- 5) 佐坂公規:埼玉県環境科学国際センター講演会要旨, 9-12 (2021)
- 6) Ikemori, F., *Earozoru Kenkyu*, 37(1), 45-56 (2022)
- 7) 環境省水・大気環境局大気環境課：有害大気汚染物質測定方法マニュアル
- 8) Szmigielski, R., Suratt, J. D., Gomez-Gonzalez, Y., et al.: *Geophys. Res. Lett.*, 34 L24811 (2007)
- 9) 池盛文数 山神真紀子, 菅田誠治, 他：大気環境 学会誌, 53(2), 70-78 (2018)
- 10) 阪井裕貴, 山本真緒, 杉本恭利, 他：奈良県景観・環境総合センター研究報告, 6, 21-29 (2018)
- 11) Sato, K., Ikemori, F., Ramasamy, S.: *Atmospheric Environment*, 14, 100169 (2022)
- 12) Mizohata, A. and Ito, N.: *Earozoru Kenkyu*, 10(2), 127-134 (1995)
- 13) Okumura, M.: *Earozoru Kenkyu*, 36(1), 19-24 (2021)
- 14) 池盛文数, 上田真久, 村上友規, 他：第 40 回エアロゾル科学・技術研究討論会, (2023)
- 15) Ikemori, F., Nishimura, R., Saito, S.: *Atmosphere*, 12, 579 (2021)

大和川県内最下流域における河川マイクロプラスチック調査

平山可奈子・浦西洋輔・田原俊一郎

Monitoring of Microplastics in the Yamato River Downstream Site in Nara Prefecture

HIRAYAMA Kanako・URANISHI Yosuke and TAHARA Syunichiro

奈良県内河川におけるマイクロプラスチック（以下、MPs）の実態を把握するために、人口密集地を流れる大和川水系において2年間調査を実施した。調査は河川と、河川MPsの流入源の一つとされる下水処理施設の放流水を対象に行った。結果、河川においては、他の国内河川と同程度のMPsが奈良県内河川でも存在していることを明らかとしたが、採水時期によるばらつきが大きかった。一方、放流水においては、流量・MPs個数密度ともに河川より小さく、形状割合・材質も河川と異なる傾向であった。このことから、放流水から河川へのMPs寄与は小さいことが明らかとなった。

緒 言

海洋プラスチックごみ問題が提起¹⁾されてから半世紀以上たった現在、新たな問題として5 mm以下の微細なプラスチック類であるMPsによる海洋生態系への影響が懸念されている。プラスチックは、疎水性の高い残留性汚染物質や金属を吸着しやすい性質があり、それが微細化して表面積が大きくなったMPsにはより多くの汚染物質を吸着することが知られている²⁾。実際に、海洋生物がMPsを誤食すると物理的に体内組織を傷つけるうえ、吸着した汚染物質を生体内へ移行させることが報告³⁾されている。

MPs問題の解決には、プラスチックごみ排出量の抑制に加え、現状を把握する必要がある。海洋ごみのうち、漁網や船舶の破片など明らかに海洋起源とされるごみは全体の5%未満であり、ほとんどが陸域由来である³⁾とされている。

しかしながら、海洋へ流出するごみの実態については、十分なデータの蓄積には至らず、現在も実態把握のための調査研究が進められている。それは、陸域から海洋への主な流入源として考えられている河川も同様であり、河川ごみの実態調査は極めて重要であると言える。

奈良県の主要河川の一つである大和川は、平成17年には日本で最も汚れた川と言われるほど水質が悪化し、その後の浄化施設等の整備や流域住民や企業への啓発活動により水質の改善が進んでいるものの、他の一級河川に比べて水質は良いとは言えない。実際、河川を

流れるごみが樹木等にひっかかる「ごみの花」と呼ばれる環境問題も未だ発生しており、河川にプラスチックごみのみならずMPsが多数流入していると想定される。

そこで本研究では、令和4年度より奈良県内河川においてMPsの継続的な環境実態調査を行い、その濃度分布や季節変動といった実態を把握することを目的とした。

方 法

1.調査地点・時期

河川の調査地点は、大和川水系の奈良県最下流域かつ環境基準点でもある王寺町・大正橋とした。採水は既報³⁾に加え、冬季（2022年12月）、春季（2023年5月）、夏季（10月）、秋季（9月）、冬季（11月）に実施した。

また本河川には、下水処理施設放流水が流れ込んでおり、下水処理施設の放流水には洗濯物由来等のMPsが多く含まれている⁴⁾と知られている。そこで本研究では、MPsのより詳細な実態把握のために、第一浄化センターからの放流水についても調査した。採水は夏季（2022年8月）、冬季（12月）、春季（2023年5月）、夏季（7月）、秋季（9月）、冬季（11月）に実施した。なお、放流水は河川と同日に採水した。

2.試料採取方法

MPsの採取は、既報³⁾に準じて採取用のネットに口径30 cm、ネット長75 cm、目合0.1 mmのプランクトンネット（5512C、(株)離合社製）を用い、ネット開口部には瀘水計（2030R6、General Oceanics社製）を取り付け、サンプル採取中のネット内の瀘水量が10 m³以上になるよう

に通水した。ネット内に付着した夾雑物は、あらかじめプランクトンネットで通水した水道水で洗いながら 200 mL ガラス瓶に捕集して試料とした。得られた試料は、前処理を行うまで冷暗所にて保管した。

3.前処理

既報³⁾に準じて図1のとおり実施した。詳細を以下に示す。

1) ろ過

採取した試料をふるい（目開き 300 μm ）により脱水し、残渣物を精製水で洗浄しながら捕集した。この際、明らかに 5 mm 以上の夾雑物（植物片など）は精製水で洗浄後に除去した。ろ過後、ふるい上の試料をビーカー内へ流し入れた。

2) 酸化処理

試料の入ったビーカーに 30%過酸化水素（特級、富士フィルム和光純薬^(株)製）を約 100 mL 加え、55 $^{\circ}\text{C}$ の温浴で 5 日間酸化処理を行い、表面の有機物を除去した。試料によっては、有機物が多く過酸化水素が不活性となることもあるため、過酸化水素を 100 mL 追加して反応を促進させた。酸化処理後、目合 5 μm の PTFE フィルター（オムニポアメンブレンフィルター、Merck 社製）に捕集した。

3) 比重分離

PTFE フィルター上の残渣物を 5.3 mol/L ヨウ化ナトリウム（特級、富士フィルム和光純薬工業製）約 50 mL で漏斗内へ流し入れて数時間静置した。溶液の上層を精製水で洗浄し、PTFE フィルターに捕集した。

4) マイクロプラスチック候補粒子の分取

前処理後の試料は、大型マイクロスコープ（VR-3200, ^(株)キーエンス製）を用いて目視で MPs 候補粒子の分取を行った。分取した粒子は、撮影した画像からサイズを求め、長径が 0.3 mm から 5.0 mm の範囲にあるものを MPs 候補粒子として色や形状と共に記録した。

5) 材質同定

材質は、フーリエ赤外分光光度計（FT-IR 6600, 日本分光製）を用いて全反射測定（ATR 法）を行い、得られたスペクトルをライブラリのスペクトルと比較することで成分を同定した。

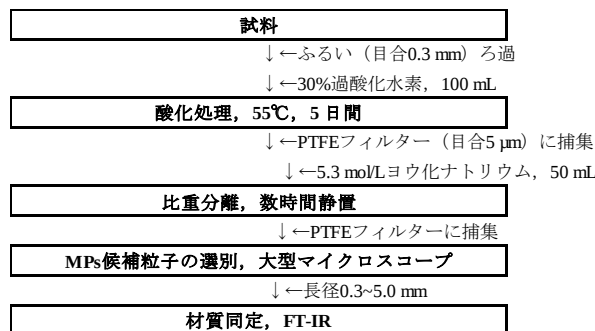


図1 MPs 前処理におけるフローチャート

結果と考察

1. マイクロプラスチック個数密度

得られた MPs の個数を濾水量で除すことにより、個数密度を算出した。

本調査で得られた河川 MPs 個数密度を図 2 に、放流水 MPs 個数密度を図 3 に示す。

河川 MPs の個数密度は、最大で 3.6 個/ m^3 、最小で 0.52 個/ m^3 と、採水月によってばらつき（CV : 60%）がみられた。本調査における平均値は 1.6 個/ m^3 であり、片岡ら⁵⁾の日本国内 29 河川 36 地点を対象として行われた MPs 全国調査結果（平均値 1.6 個/ m^3 ）と同程度の値であった。

一方、放流水 MPs 個数密度は、最大で 1.4 個/ m^3 、最小で 1.1 個/ m^3 とばらつき（CV : 8.3%）が小さく、河川とは異なる傾向を示した。平均値は 1.2 個/ m^3 であり、河川の平均値である 1.6 個/ m^3 よりも低い結果となった。また、各採水地点の流量を比較した結果、河川 MPs 採水地点である王寺町・藤井の流量⁶⁾は 12.5 m^3/s に対し、第一浄化センター放流水の平均流量⁷⁾は 2.4 m^3/s と、放流水の流量は河川の 20%程度であった。個数密度、流量ともに放流水は河川よりも低いことから、放流水から河川への寄与は小さいと考えられた。河川 MPs の主要な流入源解明のためにも、採水地点や時期、河川周辺の土地活用状況などを継続して調査していく必要がある。

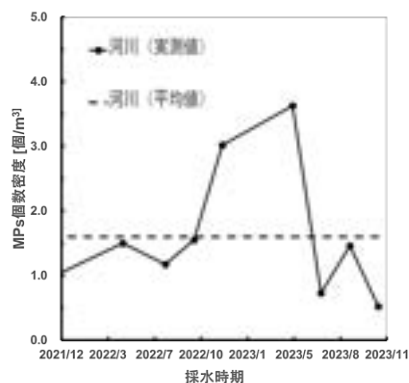


図2 河川 MPs 個数密度

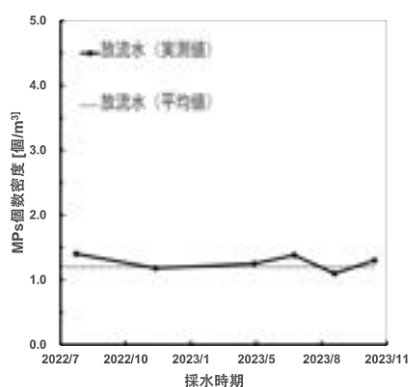


図3 放流水 MPs 個数密度

2. マイクロプラスチックの形状およびサイズ

MPs が持つ特徴的な形状から破片、繊維、フィルム、球の4種類に分類することとした。表1に河川、表2に放流水のMPs形状割合について示す。

河川においては、いずれの季節においても破片MPsが半分程度を占めていた。次いで繊維MPsが30%程度確認された。MPsの形状割合は採水月による変動が小さく、ばらつきが大きかった個数密度とは異なる傾向を示した。

一方、放流水においては、繊維MPsの割合が夏季(7月・8月)よりも秋・冬季(9月・11月・12月)のほうが高いといった季節性が見られ、河川とは異なる傾向を示した。この要因として、洗濯排水の影響が考えら

れた。先行研究⁴⁾によると、合成繊維の布地を洗濯した際、洗濯排水から多量の繊維MPsが検出されることが知られており、特にフリースはタオルなど他の生地と比較しても圧倒的に繊維MPsを発生させると報告されている⁴⁾。冬季にはフリースを着る頻度も増えると想定されることから、放流水に繊維MPsが多く検出されたのではないかと考えられた。

次に、MPsの長径サイズ分布について図4に河川、図5に放流水を示す。

河川の平均値は2.1mm、中央値は2.0mmであり、比較的大きなMPsが多く検出された。本調査において最も形状割合の高い破片MPsは、0.3mmから5.0mm以上と幅広く存在していた。

一方で、繊維MPsは、塊状が多く2mmから4mm程度のものが多く検出された。要因として、採水地点の影響が考えられる。本地点での採水は、河川の右岸で行ったため、不定形な他種MPsよりも塊状の繊維MPsが内陸側に流れ込む傾向が大きいのではないかと推測した。

放流水の平均値は1.6mm、中央値は1.2mmであり、河川と比して微小なMPsが多く検出した。放流水の繊維MPsは河川とは異なり、0.3mmから1.0mmの範囲のものが多かったためだと考察した。

表1 河川 MPs 形状割合

単位:%

	2021年	2022年				2023年			
	12月	5月	8月	10月	12月	5月	7月	9月	11月
破片	54	53	50	56	55	40	68	74	58
繊維	34	27	28	29	35	41	18	21	33
フィルム	12	12	17	14	10	17	14	6.0	10
球	0.0	8.2	5.6	1.6	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0

表2 放流水 MPs 形状割合

単位:%

	2021年	2022年				2023年			
	12月	5月	8月	10月	12月	5月	7月	9月	11月
破片	-	-	62	-	27	35	52	22	17
繊維	-	-	32	-	68	54	40	75	83
フィルム	-	-	4.2	-	5.1	11	7.4	3.2	0
球	-	-	1.8	-	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0

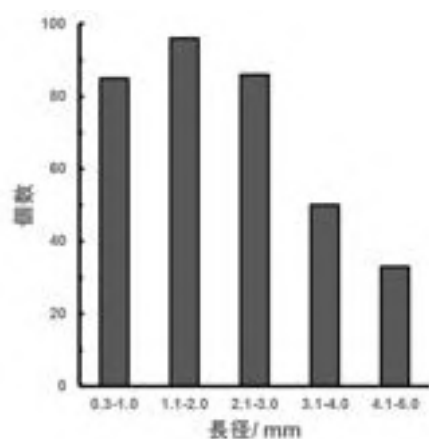


図4 河川 MPs 長径のサイズ分布

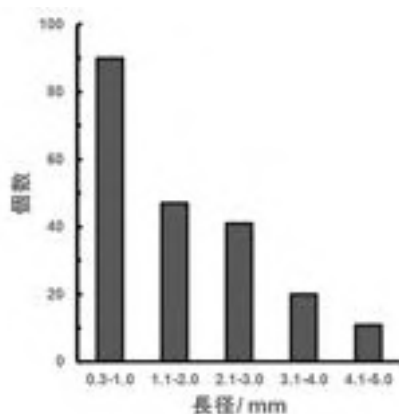


図5 放流水 MPs 長径のサイズ分布

3. マイクロプラスチックの材質

採取された MPs の材質について図6に河川 MPs、図7に放流水 MPs のそれぞれの割合を示す。検出された MPs の材質は、ポリエチレン (PE)、ポリプロピレン (PP)、ポリスチレン (PS)、ポリエチレンテレフタレート (PET)、その他 (ポリアミド、ポリウレタン、ポリ塩化ビニル等) であった。

本調査では河川、放流水ともに PE、PP が併せて 80% 以上検出された。この要因として、プラスチックの生産量と採水深度が考えられる。経済産業省によると、PE と PP はともに 2022 年度⁹⁾ に最も多く生産されたプラスチックであると報告されている。社会で最も多く使用される材質が、最も多く環境中へと流出することは想像に難くない。また、本調査は水深 50 cm 未満の表層で採水しており、川底に沈殿した MPs は採取せず、浮遊した MPs のみを採取している。そのため、比重が水よりも大きく、浮遊しづらい PS 等のプラスチックよりも、比重が水よりも小さく沈殿しにくい PE、PP の方が、プランクトンネットに捕集されやすかったのではないかと考えられた。

材質の季節性については、河川では見られなかった

ものの、放流水は秋・冬季のみに PET が少量確認された。PET はポリエステル材料であり、ポリエステルは合成繊維の中でも最も多く生産⁹⁾ され、用途としても衣服に多く使用されている。合成繊維の中でもポリエステルは特に保温性に優れていることから、フリースなどに使用される材質である。冬季にフリースの洗濯回数が増加し、材質が PET の MPs が検出されたと推察した。

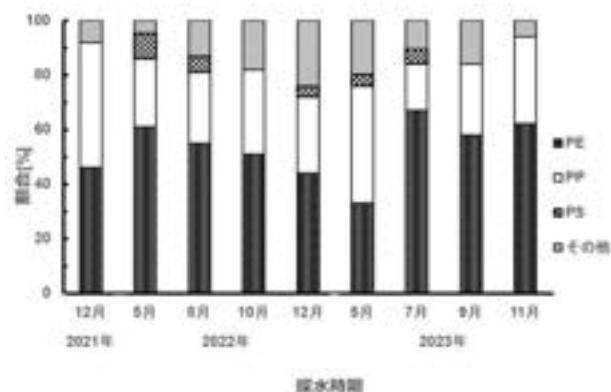


図6 河川 MPs 材質割合

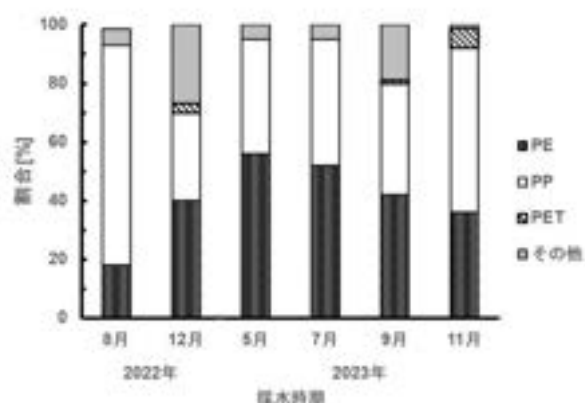


図7 放流水 MPs 材質割合

4. マイクロプラスチック排出源の推定

昨年度に引き続き特徴的な MPs として、緑色で破片状のものが多く見られた。これらは形状から、人工芝由来の MPs であると想定された。人工芝の構成材料は主に PE、PP、ポリアミドの 3 種類である。PE は最も耐候性が高いことから、屋外での利用が想定される。一方 PP は、PE より耐候性に劣るものの耐久性に優れ、一般的に安価であることから、屋内施設では多数使用されていると考えられる。本調査で得られた人工芝由来とみられる MPs は、90% が PE、10% が PP で構成されており、PE 製の人工芝が PP 製のものよりも多く環境中に流出していた。屋外利用が多いと想定される PE 製の人工芝がより多く環境中に流出していたこと

から、屋外において紫外線や風雨にさらされるプラスチック類は、より環境中に流出しやすいと考えられる。
調査地点のすぐ上流には、屋外に人工芝が敷き詰められた公園があり、MPsの一部は公園から流出していると考えられる。

まとめ

奈良県内河川における MPs 実態を把握するために、大和川水系の奈良県最下流域において 2 年間調査を行った。

結果、他の国内河川と同程度の MPs が奈良県内河川でも存在していることを明らかとしたが、採水時期によるばらつきが大きかったため、今後はより詳細な実態把握のためにも継続的な調査が必要と考えられた。一方、放流水においては、流量・MPs 個数密度ともに河川より小さく、形状割合・材質も河川と異なる傾向であった。このことから、放流水から河川への MPs の寄与は小さかった。そのため、今後は屋外から河川へと流入する MPs の調査が重要であると考えられた。また、排出源を推定するために MPs の形状・材質の解析を実施した結果、屋外利用の人工芝由来と想定される MPs を検出したことから、屋外に曝されているプラスチック類は環境中へと流出しやすいといえる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、下水処理施設の放流水を浄化センターからご提供いただきました。また、MPs 解析のために使用した大型マイクロスコープおよび FT-IR は奈良県産業振興総合センターにお借りしました。ご協力いただいた皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Kenyon. K. and Kridler. E., *Auk*, 86, 339(1969).
- 2) Cole. M., Lindeque. P., Fileman. E., et al ; *Calanus helgolandicus*. *Environ. Sci, Technol.* 49, 1130–1137 (2014).
- 3) 平山可奈子, 浦西洋輔, 田原俊一郎 : 奈良県景観・環境総合センター研究報告, 10, 42-45 (2022)
- 4) Browne. M. A., Crump. P., Niven. S. J., et al : *Environ. Sci. Technol.*, 45, 9175–9179 (2011)
- 5) Kataoka. T., Nihei. Y., Kudou. K., et al. : *Environ. Pollut.* 244, 958-965 (2019).
- 6) 国土交通省近畿地方整備局 : 大和川水系の定期水質調査結果(令和 5 年),
<https://www.kkr.mlit.go.jp/yamato/environment/outline/water/index.html> (2024 年 3 月 21 日閲覧)

- 7) 奈良県流域下水道センター : 令和 4 年度業務年報 (2022)
- 8) 経済産業省 : 経済産業省生産動態統計 年報(2022 年),
https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/08_seidou.html (2024 年 3 月 21 日閲覧)

第3章 調査研究・報告

第2節 研究ノート

2022 年度における微小粒子状物質（PM_{2.5}）成分分析調査結果について

村上友規・志村優介・高林愛*・浦西克維**・杉本恭利

Analysis of the composition of fine particulate matter (PM_{2.5}) for 2022

MURAKAMI Yuki・SHIMURA Yusuke・TAKABAYASHI Megumi・URANISHI Katsushige・SUGIMOTO Kiyotoshi

緒 言

2009 年 9 月に「微小粒子状物質による大気汚染に係る環境基準について」が告示され、微小粒子状物質（以下、PM_{2.5} とする）の環境基準が定められた。これを受けて、2010 年 3 月 31 日に、「大気汚染防止法第 22 条の規定に基づく大気汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準について」が改正され、微小粒子状物質の質量濃度の測定に関する記載が追記された。これにより、地方公共団体においては、PM_{2.5} の環境基準の達成状況を把握するために、常時監視を実施している。更に、効果的な PM_{2.5} 対策の検討のため、PM_{2.5} の二次生成機構を含む PM_{2.5} 及びその前駆物質の大気中の挙動等の科学的知見の集積並びに発生源寄与割合の推計に資するという観点から、改正事務処理基準において、PM_{2.5} の成分分析を行うことが求められている。

奈良県においては、2016 年度以降は天理局及び桜井局にて成分分析を実施している。本報告では、両局における 2022 年度の PM_{2.5} 成分分析調査結果について報告するとともに、奈良盆地内における PM_{2.5} 成分濃度の均質性等についても、併せて検証したので報告する。

方 法

1. 調査地点及びサンプリング期間

2022 年度における PM_{2.5} 成分分析は奈良盆地内の一般環境局である天理局（以下、天理）及び桜井局（以下、桜井）で実施した。天理は測定局周辺を田畑に囲まれ、住宅地や商業地域からはやや離れた立地であることから、都市郊外部の状況を反映している。桜井は地方都市の市街地に位置し、北側に中和幹線、西側に天理街道が通っており、それらが交差する位置関係にある。また、近隣には田畑も多く広がっており、寒候期には野焼きの影響も受けやすい地域でもある。各局の位置関係については図 1 に記載する。

サンプリング期間は環境省が指定するコア期間を含む春期（5 月 12 日から 5 月 25 日）、夏期（7 月 21 日から 8 月 3 日）、秋期（10 月 20 日から 11 月 2 日）、冬期（1 月 19 日から 2 月 4 日）での各季節 14 日間（合計 56 日間）実施した。

*奈良県水道局広域水道センター

**北九州市立大学

なお、装置不良により、桜井局の春期は 5 月 17 日からの 14 日間で実施している（5 月 17 日から 5 月 30 日）。



図 1 県内サンプリング地点(天理・桜井)

2. 調査対象成分及び解析方法

1) 調査対象成分

調査対象成分として、表 1 に示す成分を分析した。PM_{2.5} 質量濃度（以下、PM_{2.5} 濃度）の測定及び各種成分分析は、環境省マニュアルに準じた¹⁾。PM_{2.5} 濃度はフィルタ秤量法により実施し、2 回の秤量値の差が±3 µg 以内になるまで、繰り返し秤量した。イオン成分は PTFE ろ紙を 2 分の 1 に切断したものを用い、イオンクロマトグラフ（Thermo Fisher Scientific 社製 ICS-1100）で測定した。無機元素成分は、イオン成分測定に用いた PTFE ろ紙の残り 2 分の 1 をマイクロウェーブ（Analytik jena 社製 TOPwave）を用い、フッ化水素酸、硝酸および過酸化水素の混合溶液にて酸分解したのち、ICP-MS（Agilent 社製 7500 ICP-MS および 7900 ICP-MS）で測定した。炭素成分は石英ろ紙のうち 1.5 cm² を用い、熱分解・光学補正方式（Thermal-Optical）のカーボンアナライザー（Sunset Laboratories 社製 Model 4L）にて、2 成分（有機炭素 OC および元素状炭素 EC）を測定（IMPROVE_A プロトコル）した。

表1 調査対象成分

PM _{2.5} 濃度								
イオン成分	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
無機成分	Na	Al	Si	K	Ca	Sc	Ti	V
	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As
	Se	Rb	Mo	Sb	Cs	Ba	La	Ce
	Sm	Hf	W	Ta	Th	Pb		
炭素成分								
	OC1	OC2	OC3	OC4	OCpyro			
	EC1	EC2	EC3					

2) 後方流跡線解析

後方流跡線解析は国立環境研究所地球環境研究センターで開発された METEX を使用した²⁾。METEX は NCEP Climate Forecast System Version 2 (CFSv2) 6-hourly Products を気象データとして用い、空間分解能 0.5°×0.5°、鉛直レベル 37 層にて流跡線解析を行うことができる。春期の SO₄²⁻濃度について、高濃度になる原因を調べるため、桜井（北緯：34.52，東経：135.84）を起点とし、桜井上空 1000 m に到達した 72 時間前までの後方流跡線を取得した。

3) 成分測定結果の妥当性確認

成分測定結果の妥当性を確認するため、イオンバランス（陽イオンと陰イオンの等量濃度比）及びマスキロージャモデルによる検証を行った。マスキロージャモデルは、PM_{2.5}濃度といくつかの主要成分濃度との関係性を表すモデル式であり、成分測定結果から質量濃度を推定するものである³⁾。奈良県では Si の測定を行っていないため、以下に示す式にて推定質量濃度を算出し、フィルタ秤量法により得られた秤量質量濃度と比較することで、結果の妥当性を確認した。

<マスキロージャモデル式>

$$\text{推定質量濃度} = 1.375[\text{SO}_4^{2-}] + 1.29[\text{NO}_3^-] + 2.5[\text{Na}^+] + 1.4[\text{OC}] + [\text{EC}] + 9.19[\text{Al}] + 1.40[\text{Ca}^{2+}] + 1.38[\text{Fe}] + 1.67[\text{Ti}]$$

4) Mann-Whitney の U 検定による均一性の確認

天理局及び桜井局の成分分析結果を用いて、奈良盆地内の PM_{2.5} 濃度及びそれらを構成する各成分の均質性を確認した。なお、解析対象としては、主要となるイオン成分及び OC、EC のみとし、同一観測日に得られた結果のみを抽出して解析を行った。まず、各地点の結果について、正規性の確認を行うため、Kolmogorov-smirnov 検定を実施した。また、各地点間の観測結果は互いに独立しており、対応がないと考えられるため、以降の検定では 2 群間の検定（天理局、桜井局）には Mann-Whitney の U 検定を適用した。なお、解析には EZR ver1.61 を使用した⁴⁾。

結果と考察

1. 成分分析測定結果

2022 年度における PM_{2.5} 濃度は天理局で 1.7~23.8 µg/m³、桜井局で 3.8~22.4 µg/m³ となり、日平均値の環境基準である 35 µg/m³ を超える日はなかった。図 2 に成分分析結果の積み上げグラフを、表 2 に天理局、表 3 に桜井局における季節別の測定成分の平均値をそれぞれ示す。2022 年度は春期に高濃度になる傾向があり、なかでも春期の SO₄²⁻濃度及び OC 濃度は他の季節と比較して高い値となった。また、NO₃は冬期に一定濃度が検出された一方で、春や夏などの暖候期にはほとんど確認されなかった。

なお、図 2 には明示していないがフィルタ秤量法により得られた質量濃度と各測定局で得られた自動測定による質量濃度は概ね一致していた。

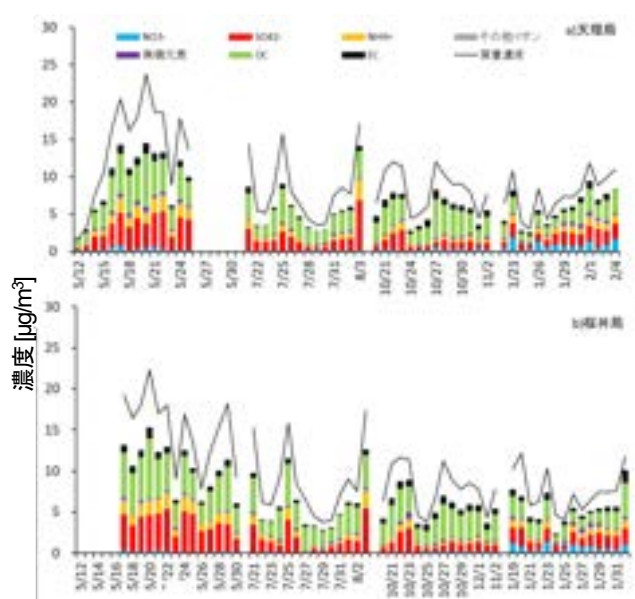
図2 PM_{2.5}及び各成分の経時変化(天理・桜井)

表2 季節別の測定成分の平均値(天理)

天理	春 AVG	夏 AVG	秋 AVG	冬 AVG	年平均 AVG
PM _{2.5} 濃度 (µg/m ³)	14.0	8.3	8.3	7.7	9.6
NO ₃ ⁻ (µg/m ³)	0.318	0.105	0.263	0.891	0.394
SO ₄ ²⁻ "	3.008	1.769	1.061	1.501	1.835
NH ₄ ⁺ "	1.153	0.637	0.375	0.602	0.692
Cl ⁻ "	0.009	0.022	0.007	0.058	0.024
Na ⁺ "	0.060	0.085	0.047	0.059	0.063
K ⁺ "	0.100	0.043	0.068	0.080	0.073
Mg ²⁺ "	0.012	0.012	0.013	0.010	0.012
Ca ²⁺ "	0.061	0.030	0.062	0.033	0.047
Al (ng/m ³)	87.1	27.1	35.3	48.6	49.5
Ti "	7.075	2.610	3.710	4.351	4.436
V "	1.132	0.426	0.329	0.384	0.567
Cr "	1.203	0.681	0.804	0.797	0.871
Mn "	7.56	3.53	5.18	6.05	5.58
Fe "	128.5	51.5	65.2	84.5	82.4
Ni "	1.278	0.598	0.762	0.654	0.823
Cu "	3.28	1.78	2.03	2.21	2.32
Zn "	30.5	13.5	19.5	18.7	20.5
As "	1.114	0.445	0.440	0.952	0.738
Rb "	0.344	0.114	0.181	0.268	0.227
Sb "	1.072	0.768	0.857	0.622	0.830
Pb "	5.837	2.565	2.969	5.132	4.126
OC "	3.91	2.64	2.93	1.88	2.84
EC "	0.77	0.33	0.78	0.53	0.60

表3 季節別の測定成分の平均値(桜井)

桜井	春 AVG	夏 AVG	秋 AVG	冬 AVG	年平均 AVG
PM _{2.5} 濃度 (μg/m ³)	15.3	8.6	8.0	7.6	9.9
NO ₃ ⁻ (μg/m ³)	0.203	0.092	0.179	0.721	0.299
SO ₄ ²⁻ "	3.632	1.691	1.074	1.440	1.959
NH ₄ ⁺ "	1.304	0.582	0.344	0.524	0.688
Cl ⁻ "	0.005	0.018	0.007	0.036	0.016
Na ⁺ "	0.073	0.075	0.049	0.070	0.067
K ⁺ "	0.119	0.064	0.079	0.105	0.092
Mg ²⁺ "	0.014	0.015	0.007	0.013	0.012
Ca ²⁺ "	0.071	0.067	0.015	0.041	0.049
Al (ng/m ³)	103.8	26.1	29.6	75.1	58.7
Ti "	8.270	2.374	3.186	5.462	4.823
V "	1.081	0.371	0.313	0.480	0.561
Cr "	1.365	0.542	0.806	0.711	0.856
Mn "	7.98	3.23	5.24	5.35	5.45
Fe "	153.4	51.5	66.2	92.1	90.8
Ni "	1.351	0.651	0.520	0.641	0.791
Cu "	3.33	1.70	2.01	2.96	2.50
Zn "	27.8	12.1	14.7	15.2	17.4
As "	1.055	0.436	0.411	0.808	0.677
Rb "	0.397	0.118	0.200	0.381	0.274
Sb "	0.927	0.467	0.727	0.544	0.666
Pb "	5.628	2.179	2.900	4.603	3.828
OC "	4.34	2.95	3.00	1.91	3.05
EC "	0.73	0.33	0.77	0.57	0.60

2. 各成分について

SO₄²⁻は春期及び夏期に高濃度になった。例年同イオン濃度は、夏期に最も濃度が高くなる傾向にあったが、2021年及び2022年は春期に濃度が最も高くなっていった。中国は世界の石炭消費量の52.9%を消費しており⁹⁾、石炭燃焼を含む様々な人為活動に伴い発生するSO₂が反応の過程でSO₄²⁻として粒子化し、国内へ越境汚染される可能性が考えられる。そこでMETEXを使用して桜井を起点とした過去5年間の後方流跡線解析を実施し、中国国内を通過した割合を計算したところ、2018年(40%)、2019年(26.7%)、2020年(33.3%)、2021年(60%)、2022年(33.3%)と2021年に中國大陸を通過した流跡線割合が多かったことから、2021年の当該イオンの高濃度化は中国からの越境汚染が多かったことによる可能性が示唆された。一方で、2022年は流跡線が中國大陸を通過した割合は例年と同程度であった。2022年は特に春期にPM_{2.5}濃度が高かったため、それに引っ張られた可能性もあるが、今後も引き続き高濃度となった要因の調査を進める。一方、社会情勢に目を向けると、新型コロナウイルス感染症拡大防止に伴う日本国内及び各国の経済活動抑制や、2020年1月以降の船舶用燃料油中の硫黄分濃度規制強化による影響についてもSO₄²⁻濃度に何らかの影響を与えたことが考えられる。それらについては、引き続きデータ解析を進める。

NH₄⁺は春期に最も濃度が高くなった。一般的にNH₄⁺は(NH₄)₂SO₄粒子及びNH₄NO₃粒子等としてPM_{2.5}中に存在していることが知られている。NH₄NO₃粒子は半揮発性であり、暖候期には主にガス相に分配されて存在することを考慮すると、春期におけるNH₄⁺は主に(NH₄)₂SO₄粒子として存在することが考えられる。そのため、春期に最も濃度が高くなった要因として、同じく春期に高濃度を示した

SO₄²⁻の増減に依存したのではないかと考えられる。

NO₃⁻は冬に最も濃度が高くなり、例年と同様の傾向を示した。自動車排ガスや工場等から排出されたNO_xは光化学反応等によりHNO₃が生成され、大気中のNH₄⁺による中和を経て、NH₄NO₃の微小粒子を形成することが知られている。NH₄NO₃は半揮発性を有しており、暖候期には捕集フィルタ上から揮発して濃度が低下する一方で、寒候期には濃度が高くなる特徴を有する。それ故、気温が低くなる冬期に濃度が上昇したことが考えられた。

燃焼に由来するOC及びECは春期と秋期に濃度が高い傾向にあった。また、PM_{2.5}濃度中に占めるOC割合としては秋期に最も高くなった。天理及び桜井は郊外に位置し、周辺に田畑は多いことから、野焼き等の燃焼による影響を受けている可能性がある。そのため、今後は有機トレーサーの挙動も合わせて考察することで、より詳細な考察が可能となる。

3. 成分測定結果の妥当性確認

イオンバランスは、7月27日(桜井)及び1月25日(天理)を除いて全てのサンプルは0.8~1.2の範囲に収まっており、良好な結果であった。イオンバランスが範囲外だった7月27日については桜井のみイオン成分濃度が極端に低かったが、この日は昼の20分間に降水量12mmの集中豪雨があり、通常状態とは異なる気象条件が影響している可能性が考えられた。また、1月25日の天理のPM_{2.5}濃度は3.0μg/m³とサンプリング期間を通して最も低濃度の日であったため、計算結果が振れやすい条件にあったものの推察された。

フィルタ秤量法による秤量質量濃度とマスクロージャモデルによって推定された推定質量濃度の比較を図3に示す。

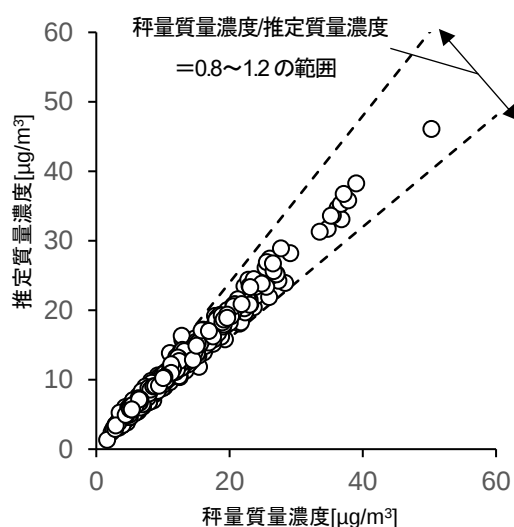


図3 秤量質量濃度及び推定質量濃度の比較

両者の値はおおむね一致しており、測定データの妥当性が確認された。環境省のマニュアルによれば、秤量質量濃度/推定質量濃度の値が 0.8~1.2 の範囲に入ることに基づいているが、この範囲外となった観測日は夏期及び秋期に偏っていた。夜間（19 時~7 時とした）の相対湿度を確認したところ 80%を超える日がほとんどであった。 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 粒子及び NH_4NO_3 はそれぞれ相対湿度 80%及び 62%付近で潮解するとされており、フィルタ上に捕集された $\text{PM}_{2.5}$ に含まれるこれら成分に潮解が起これば、その後相対湿度 50%の環境に置かれても内包した水分はほとんど蒸発しないため、推定質量濃度は秤量質量濃度より小さくなることが報告されている⁹⁾。実際に範囲外となった観測日は 1.21~1.37 の範囲にあったため、秤量質量濃度が推定質量濃度より高い値を示しており、既報と整合した。

4. Mann-Whitney の U 検定による均一性の確認

正規性の確認を行うため、Kolmogorov-smirnov 検定を実施したところ、対象とした成分において $p < 0.05$ となり、「データが正規分布に従う」とする帰無仮説が棄却された。そのため、以降の検定はノンパラメトリック検定を実施した。2 群間の検定（天理局、桜井局）に対して Mann-Whitney の U 検定を適用した結果を表 4 に示す。結果は、2 群間において、Cl を除く成分は $p > 0.05$ であり、「両地点が等しい」とする帰無仮説は棄却されなかった。 $\text{PM}_{2.5}$ 中の Cl は海塩由来及び、ゴミ焼却等で発生した HCl が、ガス相の NH_3 と反応して NH_4Cl となり粒子化した廃棄物燃焼由来が存在する。海塩由来の Cl は期間を通して一定であることが予想されるが、一方で NH_4Cl は半揮発性成分であり、蒸気圧の関係で粒子化しやすい冬期に高濃度になる事が知られている⁷⁾。2022 年度の Cl は特に冬期に濃度が高いことから、あくまで推測の範囲であるがローカルで発生した廃棄物由来の NH_4Cl が Cl 濃度に影響している可能性が示唆された。

まとめ

- ・2022 年度は春期に高濃度になる傾向があり、なかでも春期の SO_4^{2-} 濃度及び OC 濃度は他の季節と比較して高い値となった。
- ・イオンバランス及びマスクロージャモデルによる妥当性の検証の結果、概ね 0.8~1.2 の範囲に収まっていた。しかし、集中豪雨や相対湿度などの気象的要因の影響により、それらの範囲から逸脱する日もあった。
- ・Mann-Whitney の U 検定を適用した結果、Cl を除く成分は $p > 0.05$ であり、「両地点が等しい」とする帰無仮説は棄却されなかった。

参考文献

- 1) 環境省水・大気環境局大気環境課:大気中微小粒子状物質 ($\text{PM}_{2.5}$) 成分測定マニュアル
- 2) 国立環境研究所:国立環境研究所地球環境データベース METEX (2024), <https://db.cger.nies.go.jp/ged/metex/ja/index.html/>
- 3) 環境省:大気中微小粒子状物質 ($\text{PM}_{2.5}$) 成分測定マニュアル精度管理解説(2019)
- 4) Kanda Y.: Investigation of the freely-available easy-to-use software “EZR” (Easy R) for medical statistics. Bone Marrow Transplant. 2013;48, 452-458 (2012)
- 5) 経済産業省資源エネルギー庁:令和 3 年度エネルギーに関する年次報告 (第 2 部第 2 章 国際エネルギー動向)
- 6) 環境省:微小粒子状物質曝露影響調査 (平成 19 年 7 月) 曝露調査 (3-6) 測定地点の特性等に関する評価 <https://www.env.go.jp/air/report/h19-03/>
- 7) 坂本和彦:大気環境学会誌 46, 61-69 (2011)

表 4 Mann-Whitney の U 検定結果

	相関係数	P 値
$\text{PM}_{2.5}$	0.993	0.974
Cl	0.720	0.049
NO_3^-	0.968	0.157
SO_4^{2-}	0.964	0.950
Na^+	0.929	0.668
NH_4^+	0.964	0.684
OC	0.960	0.553
EC	0.838	0.820

奈良及び北九州における大気環境中マイクロプラスチックの実態調査

村上友規・菊谷有希*・浦西克維**

Survey of Atmospheric Microplastics Environment in Nara and Kitakyushu

MURAKAMI Yuki・KIKUTANI Yuki and URANISHI Katsushige

緒 言

マイクロプラスチック（以下、MPs）は5 mm未満の微小なプラスチックであり、生分解されにくいいため環境中に長期間存在し続けるだけでなく、大気中の残留性有機汚染物質（以下、POPs）を吸着させることが知られている¹⁾。POPsは生物中に蓄積しやすいため、たとえ環境中での存在量が少量であっても、食物連鎖による生物濃縮により高次の捕食者の体内に高い濃度で蓄積し、健康影響などの悪影響を及ぼすことが懸念される。奈良県では、平山ら²⁾が河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン³⁾に基づき、大和川におけるMPsの実態調査を実施しており、同定されたもののうちポリエチレン及びポリプロピレンの占める割合が80%以上と報告している。しかし、大気中のMPs分析については、奈良県において過去に実態調査を行った事例はない。

昨年度、当センターでは降下ばいじん用ダストジャー用いてサンプリングを行う中尾ら⁴⁾の方法を参考に前処理方法の一部を変更した手法を提案した⁵⁾。この方法は、捕集容器内の密度の異なるMPsについて、均一に分取することを可能にした方法で、分取の際にスターラーによる攪拌強度を高めることで採取された検体の代表性を担保することを目的としたものである。そこで、本研究では、昨年度に確立した一連の前処理方法を用いて、奈良県及び北九州における大気中のMPsの実態調査を実施したので報告する。

方 法

1. 観測方法及びサンプリングについて

1) サンプリング場所及び観測期間

図1にサンプリング地点である奈良県景観・環境総合センター（以下、桜井）及び北九州市立大学ひびきのキャンパス（以下、北九州）の位置及びサンプリング風景を示す。なお、両地点間は直線距離にて約480 km程度離れている。



図1 北九州及び奈良県のサンプリング地点

桜井は地方都市の市街地に位置し、北側20mに中和幹線（県道105号）、西側30mに天理街道（国道169号）と、県内の主要な幹線道路が交差する位置にある。また、北九州は周辺を住宅地に囲まれており、海岸から5 kmの場所に位置することから、内陸部の桜井と比較して海に近く、風速が強いことが特徴である。本研究では大気環境中に存在するMPsの実態調査を目的としているため、両地点とも道路交通による粉塵巻き上げの影響を極力排除する必要がある。そのため、両地点とも建屋の屋上にてサンプリングを実施した。

観測期間は桜井では2023年4月～2024年3月まで、北九州では2023年4月～2024年1月までで、1か月間毎にサンプリングを実施した。

2) サンプリング方法及び分析試料の作成

奈良県では降下ばいじん量や酸性雨中に含まれるイオン成分及びpH等を測定しており、本研究では、それらサンプルの一部を利用して実施した。なお、北九州では降下ばいじんサンプルのみ利用した。以下、

*奈良県産業振興総合センター

**北九州市立大学

「降下ばいじん」及び「酸性雨」と略す。

(1) 降下ばいじんサンプリング方法

微生物発生防止のため 10%フェノール溶液を 10 mL 添加した降下ばいじん分析用ダストジャー（有効捕集面積：113 cm²）内に雨水と共に捕集した。なお、ダストジャーは常時開放しており、乾性沈着及び湿性沈着により沈着する大気中の MPs を捕集することが可能である。

(2) 酸性雨サンプリング方法

サンプリングには自動雨水採水器（小笠原計器製作所製）を使用した。当該装置は、降雨時のみのサンプリングを行うため、乾性沈着の影響を排除可能となる。それ故、湿性沈着により沈着する大気中の MPs を捕集することが可能である。この装置を用いて、雨水のみを捕集した。なお、サンプリングされた雨水は低温で装置内に保管されるため、微生物等の発生は抑制されている。当該装置の有効捕集面積は 314 cm²である。

上記の 2 種類の方法でサンプリングされた捕集液を 2 L のペットボトルに移し、強く降り混ぜた後すぐに 200 mL 三角フラスコに移し、村上らの方法⁵⁾でステンレスメッシュフィルタ（以下、SUS フィルタ、奈良科学より購入）上に MPs を回収した。その後、SUS フィルタを温度 20～23℃、湿度 30～40%に調整された恒温槽にて 1 日乾燥し、顕微 FT-IR を用いて MPs を測定した。

3) 使用器具及び同定方法

MPs の同定にはフーリエ変換赤外分光光度計 FT/IR-6600（日本分光株式会社）及びマルチチャンネル赤外顕微鏡 IRT-7200（日本分光株式会社）を使用し、測定方式は反射法により実施した。得られた IR スペクトルのうち、CO₂の影響がある約 2350 cm⁻¹付近のピークを除去後、スペクトルマネージャーにてライブラリ検索を実施した（データベース検索ソフトは Wiley 社の KnowItAll を使用）。なお、本検討で実施するサーチモードはすべて Correlation mode で実施した。

2. 考察について

1) サンプリング地点における年間の気象条件

桜井の風速は常時監視局データを用いた。それ以外の気象データは全て、気象庁の HP よりダウンロードした。なお、桜井の降水量は田原本観測所、北九州の降水量及び風速は八幡観測所のものを用いている。

2) 同定された MPs について

(1) 各 MPs の HQI

HQI（ヒットクオリティ指数）は、測定によって得

られた未知のスペクトルとデータベース内の参照スペクトルとの一致度合いを評価する指標であり、HQI が高いほど一致度が高いことを示す。各捕集方法で得られた MPs の HQI について比較した。

(2) 同定した MPs 組成

代表的なプラスチックとして、ポリビニルアルコール（PVA）、アミノプラスチック（PA）、フェノール樹脂（PF）、ポリプロピレン（PP）、ポリエチレン（PE）、ポリエステル（PEs）、ポリエーテル、イオン交換樹脂、繊維系及びその他 MPs に分類した。なお、チオ尿素ホルムアルデヒド樹脂は一般的なアミノ樹脂として知られており PA にまとめた。PEs は、ポリアルコール（アルコール性の官能基 -OH を複数有する化合物）と、多価カルボン酸（カルボン酸官能基 -COOH を複数有する化合物）を脱水縮合させて作られる。代表的なものにポリエチレンテレフタレートやアルキド樹脂などがあり、それらは一括して、PEs とした。PE と PVA の共重合体は PE に分類した。繊維系の鑑別について、レーヨン及びキュプラ等の再生繊維は綿と比較して、3300 cm⁻¹付近の O-H 伸縮振動のピークがブロードに広がっており、1000-1200 cm⁻¹のピークが小さめに出ることから、綿と再生繊維の判別可能である。一方で、レーヨンとキュプラの判別は困難であり、詳細な判別には、繊維の断面形状を顕微鏡観察する必要がある。そのため、本研究では、レーヨン及びキュプラのような再生繊維は繊維系として一つにまとめて取り扱った。

(3) 同定した MPs の色及び形状

同定した MPs の色は顕微鏡を通して目視で判別した。また、形状は SUS フィルタの目開きが 20 µm であることを目安に長径及び短径を目視で測定した。

3) MPs 個数の推計

SUS フィルタにろ過された 1 試料から MPs を同定するには、およそ 2～3 時間程度を要するため、ダストジャー等に採取された捕集液全量の分析を行うのは不可能である。そこで、以下の計算式を用いて、1 日当たりの大気中 1 m³中の MPs 個数を推計した。

$$N_{estimate} = N_{sample} \times \frac{l}{L} \times \frac{1}{A \cdot d}$$

$N_{estimate}$: 1 日当たり大気中 1m³中の MPs 個数, N_{sample} : 1 試料当たりの個数
 l : 捕集容器採水量, L : 分取量, A : 有効面積, d : 採取日数

4) 相関係数の算出について

降下ばいじん及び酸性雨サンプルの採水量、降雨日数（1 mm 及び 5 mm 以上）、日最大風速の平均値、最

大風速が 5.5 m/s 以上の日数に対して、推計した「1 日当たりの大気中 1 m³ 中の MPs 個数」との相関係数を算出した。最大風速を考察に使用した理由であるが、ビューフォート風力階級表⁹⁾によれば、風速 5.5 m/s 以上で砂埃が立ち、小さなゴミが宙に舞い上がるとされていることから、1 日のうちに 1 回でも最大風速が 5.5 m/s を超えた場合、環境中の MPs が風により拡散される事が予想される。仮に平均風速で考察した場合、これらの寄与を無視してしまう可能性があると考えたためである。

結果と考察

1. サンプリング地点における年間の気象条件

図 2 に桜井及び北九州における月別の降水量（棒グラフ）、日最大風速の月平均風速（折れ線）及び 5.5 m/s 以上の最大風速を示した日の日数（丸）を示す。

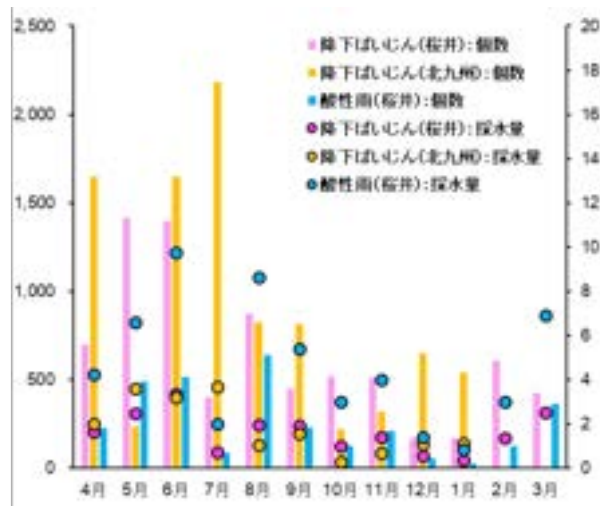


図 2 桜井及び北九州における観測期間中の気象条件

風速は年間を通じて内陸部の桜井よりも海岸に近い北九州の方が強い風が吹く傾向にあり、最大風速が 5.5 m/s 以上を示した日数も北九州の方が多かった。それ故、周辺の道路交通事情等を無視し気象条件のみで比較すれば、桜井と比較して北九州の方が風による MPs の巻き上げの影響を受けやすいと考えられる。また、降水量は両地点とも梅雨時期である 5～6 月にかけて増加し、夏から秋にかけて減少しているが、7 月のみ北九州の降水量は突出して多かった。これは 7 月 3 日及び 10 日に発生した線状降水帯による影響であると考えられる。一方で桜井では、台風周辺の暖かく湿った空気が流入し前線活動が活発化した影響で 6 月 2 日に 162 mm という降水量を記録した。

2. 同定された MPs について

1) 各 MPs の HQI

FT-IR により同定された MPs のうち、代表的な MPs

の平均 HQI について、表 1 に示す。結果は、概ね 90% 以上の HQI を示した。降下ばいじん及び酸性雨の捕集方法の違いによる比較では、酸性雨の HQI が若干高くなる傾向にあった。降下ばいじんサンプルと比較して、酸性雨サンプルは夾雑物が少ないことが目視でも確認でき、それゆえ同定操作も容易で HQI も高い傾向にあった。このことより、更なる精度向上のためには、降下ばいじんサンプルの前処理による夾雑物の除去方法が確立されれば、更なる操作精度の向上が見込まれる。

表 1 MPs の平均 HQI

	降下ばいじん		酸性雨
	桜井	北九州	桜井
PVA	93.5	92.83	92.93
PA	88.8	90.22	95.03
PF	89.56	88.94	92.09
PP	92.81	79.72	---
PE	90.89	92.32	91.33
PEs	87.69	82.69	94.79
ポリエーテル	78.1	88.96	89.47
イオン交換樹脂	91.55	82.41	---
繊維系	93.32	92.79	90.06
その他	83.69	87.03	94.58

2) 同定した MPs 組成

図 3 に各月ごとに同定された MPs の組成を示す。結果は、降下ばいじんサンプルと比較すると、酸性雨サンプルには繊維系の MPs が多く含まれる傾向にあった。また、いずれのサンプルにも PVA が比較的多く含まれており、若干ではあるが春期及び夏期にそれらが多く検出される傾向にあった。また、夏から秋にかけて北九州でポリエーテルの検出が確認された。しかし、同定された MPs の組成について季節性の違いや、各地点・各サンプリング方法ごとに特定の MPs のみ突出して同定されるような事はなかった。イオン交換樹脂は降下ばいじんサンプルのみに含まれており、特に桜井で多く検出された。後になって気づいたことだが、桜井では、降下ばいじんダストジャーに微生物発生防止のため、超純水で調製した 10% フェノール溶液を添加している。あくまで推察ではあるが、所内で使用している超純水製造装置はイオン交換樹脂による処理の後、蒸留及び有機物分解のための UV 処理を行い、中空糸フィルタによる濾過を経て、超純水を製造している。それ故、何らかの原因によりマイクロレベルで破碎したイオン交換樹脂が最終工程である中空糸フィルタによる濾過でも除去しきれずに混入した可能性がある。その他については、桜井の降下ばいじんサンプルのみポリウレタンやポリ塩化ビニルなどが、北九州のみポリ酢酸ビニルが検出された。同定された MPs の比重についてはポリエチレンやポリプロピレンなど

の比重の軽いものから、ポリエステルなど比較的重いものまで検出されており、比重による明瞭な違いは確認されなかった。

3) 同定した MPs の色及び形状

本研究で同定された MPs の長径及び短径の分布を図 4 に示す。結果は、いずれの採取方法で得られた MPs も短径は 20~30 μm の径のものが多かった。一方で、長径は降下ばいじん（桜井）及び酸性雨（桜井）で検出された MPs は 20~90 μm の範囲にほぼ均一に径が分布していたのに対し、降下ばいじん（北九州）から検出された MPs は 20~50 μm 以内に収まっていた。いずれの採取方法で得られた MPs も、長径 130~170 μm の範囲にもいくつか MPs が検出されたが、それらは、ほとんどが繊維系であった。なお、繊維系の MPs は長径が長細く測定出来ないもの、形状が団子状に丸まっているものが多く、それらの長径を正確に測定することは困難であり、径が測定できない MPs については除外している。

今回同定された MPs の色は透明、白色、乳白色などの比較的明るい色が多かった。先行研究によれば、暗い色や形状が大きく表面の凹凸が多いものは同定が困難であり、HQI も低かったと報告されている⁵⁾。

それ故、本来は同定されるべき MPs が形状や色により上手く同定できなかったものも含まれている可能性があり、MPs の個数としては過小評価されている恐れがある。

3. MPs 個数の推計

「2. 方法5)」に示した推計式から大気中に存在する MPs の推計量を推計した。結果を図 5 に示す。

結果から、季節間の比較では 4 月から 7 月にかけて MPs の推計個数が多い傾向にあり、降水量の少ない 10 月から 1 月にかけては比較的 MPs 推計個数が少なかった。また、降水量と各 MPs 推計個数の相関関係については後述するが、特に湿性沈着が主体となる酸性雨サンプルとの相関が強かったため、大気中に飛散した MPs は主に降雨により地表面に到達することが推察される。一方で、7 月の北九州は突出した降水量であることから、それに伴い MPs 推計個数も顕著に増加する事が予想されたが、結果は前月より少し多い程度であった（それでも、全期間で最も多い個数ではあるが）。この要因として、降雨初期のウォッシュアウトによりほとんどの MPs は大気中から除去されるのではないかと推察するが、毎月のサンプリング（n=12）ではデータ数としては不足しているため、時間分解を

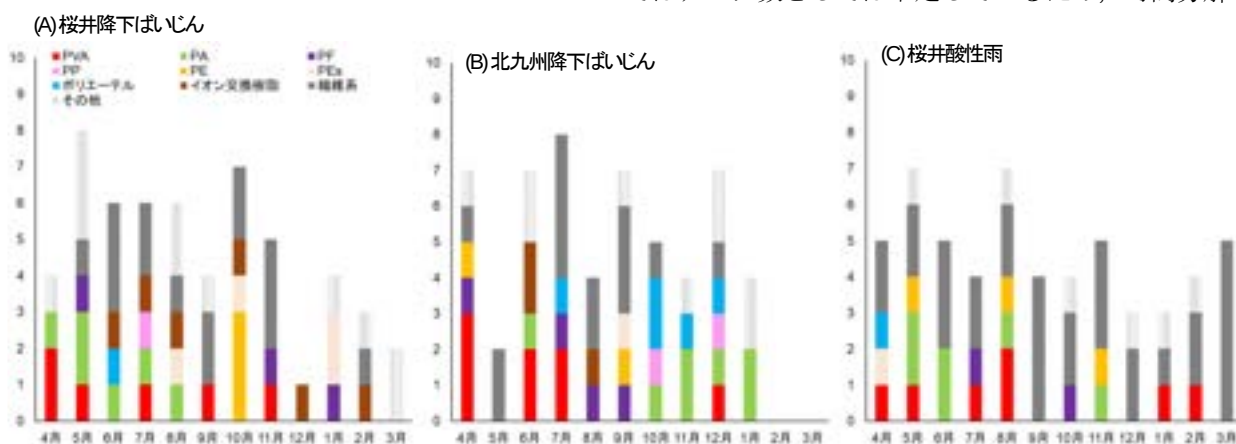


図 3 同定された MPs 組成 (A) 桜井降下ばいじん (B) 北九州降下ばいじん (C) 桜井酸性雨

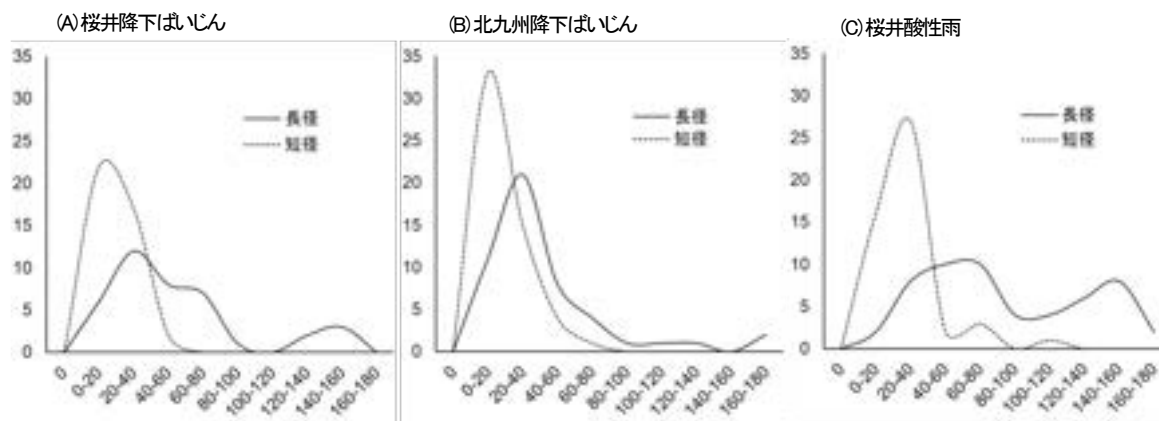


図 4 MPs の長径及び短径 (A) 桜井降下ばいじん (B) 北九州降下ばいじん (C) 桜井酸性雨

高めたサンプリング、もしくは大容量にサンプリング可能はハイボリュームエアサンプラを用いた方法も検討する必要がある。

地点間の比較では、概ね桜井よりも北九州の方が高い結果となった。北九州で捕集された降下ばいじんサンプルは桜井と比較すると、特に春先は若干黄色がかっており、黄砂の影響が懸念された。そうであれば、大陸からの影響を少なからず受けているのかもしれない。中尾らは大阪市立環境科学研究センターで同様に降下ばいじんサンプルを用いた捕集及び解析を実施しており、MPsの推計個数を約300～1500個/m³・日としている。本研究は中尾らの方法を参考し推計しており、比較的距離の近い桜井の結果（約170～1400個/m³・日）と概ね一致した。また、北九州の結果は（約200～2200個/m³・日）それら結果よりも若干多かった。

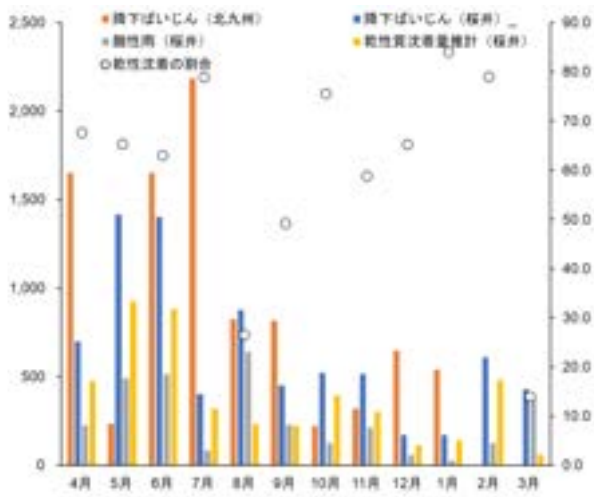


図5 各地点の推計 MPs 個数と採水量の関係

4. 相関関係の解析

MPsの推計個数と採水量、降水日数及び風速の相関関係について表2に示す。

結果は、桜井の降下ばいじんと酸性雨については、降水量と強く相関した一方で、北九州の降下ばいじんとは若干の相関がみられた。また、降水日数との相関係数を確認したところ、1mm以上の降水日数よりも5mm以上の降水日数の場合と若干相関がみられた。以上のことより、大気中のMPsは降雨による湿性沈着により地表面に到達し、また雨量としては小雨よりも一定雨量以上の場合にウォッシュアウトの効果があるのではないかと推察される。

MPsと風向風速の関係について、特に相関関係は確認できなかった。このことから、特に桜井や北九州は屋上に設置されているため、道路交通等による粉塵巻き上げによる影響は少なかったのかもしれない。

表2 MPs推計個数と相関関係

	桜井		北九州
	①降下ばいじん (乾性+湿性)	②酸性雨 (湿性)	降下ばいじん (乾性+湿性)
採水量	0.80	0.95	0.60
降水日数 (1mm以上)	0.50	0.57	0.62
降水日数 (5mm以上)	0.63	0.57	0.74
日最大風速の平均値	-0.14	0.05	0.61
最大風速が5.5 m/s以上の日数	-0.20	-0.19	0.52

まとめ

測定されたMPsについて、季節性の違いや、各地点・各サンプリング方法ごとの違いは見られなかった。また、1日当たりの大気中1m³中のMPs個数を推計した結果、桜井では約170～1400個/m³となり、比較的距離の近い大阪府で実施された中尾らの報告と概ね一致した。また、推計MPs個数は採水量と相関があり、降水によるウォッシュアウトによる地表面到達が示唆された。

参考文献

- 1) 高田秀重：廃棄物資源循環学会誌，29，261-269，（2018）
- 2) 平山可奈子：奈良県景観・環境総合センター所内研究発表抄録（2023）
- 3) 環境省水・大気環境局水環境課：河川・湖沼マイクロプラスチック調査ガイドライン（2023）
- 4) 中尾賢志，秋田耕佑，浅川大地，他：大阪湾圏域の海域環境再生・創造に関する研究助成制度（令和3年度実施）成果発表会講演集，5-8，（2022）
- 5) 村上友規，菊谷有希，浦西克維：奈良県景観・環境総合センター年報，10，21-25（2022）
- 6) 気象庁：気象観測ガイドブック（2018）

奈良県における光化学オキシダントの新指標を用いた解析について

吉田実希・志村優介・久保友佳子・村上友規・上林政貴・杉本恭利

Analysis of Photochemical Oxidants in Nara Prefecture Using New Index of Photochemical Oxidants

YOSHIDA Miki・SHIMURA Yusuke・KUBO Yukako・MURAKAMI Yuki・KAMBAYAH Masaki and
SUGIMOTO Kiyotoshi

緒 言

光化学オキシダント（Ox）は、工場や自動車から排出される窒素酸化物（NO_x）及び揮発性有機化合物（VOC）を主体とする汚染物質が、太陽光線に含まれる紫外線の照射を受けて光化学反応を起こすことにより発生する二次的な汚染物質である。大気汚染防止のための様々な取組の強化によって、Oxの前駆物質である VOC や NO_x の大気環境中濃度が多くの地域で減少しているにも関わらず、Ox については、昼間の日最高 1 時間濃度の年平均値の漸増傾向や注意報発令地域の広域化が見られ、また、環境基準達成率も極めて低い水準にとどまっている¹⁾。

これまで Ox 濃度の指標としては、「環境基準の達成状況」、「Ox 注意報等の発令状況」及び「昼間（5～20 時）の日最高 1 時間濃度の年平均値」などを用いてきたが、気象要因による年々変動が大きく、長期的な環境改善効果を適切に示す指標となっていないことが問題点として指摘されていた。このため、環境省では、平成 23 年度より「光化学オキシダント調査検討会」が設置され、その結果、Ox の環境改善効果を適切に示す指標として新たに「日最高 8 時間平均値の年間 99 パーセンタイル値の 3 年平均値」（以下「新指標」という）が示された²⁾。

そこで今回、県内の各測定局において測定を行った Ox 濃度について新指標を算出し、これまでの指標等との比較を行ったので報告する。

方 法

1. 調査地点

令和 4 年度末時点で Ox 濃度の測定を行っていた県内の大気常時監視測定局 9 局（生駒、王寺、高田、御所、桜井、天理、田原本、西部、大台ヶ原）を調査の対象とした。各測定局の位置は図 1 のとおりである。



図 1 評価対象とした Ox 測定局の位置図

2. 評価期間

平成 12 年度から令和 4 年度の 23 年間を調査の対象期間とした。ただし、大台ヶ原局は平成 14 年から令和 4 年度とした。

3. 評価方法

1) 従来の指標

「環境基準の達成状況」、「Ox 注意報等の発令状況」及び「昼間の日最高 1 時間濃度の年平均値」をこれまでの指標として評価を行った。

2) 新指標

各測定局で測定された Ox 濃度の 1 時間値をもとに、環境省がとりまとめた新指標の計算手順³⁾に従って以下のとおり算出した。

(1) 各年度の測定局別 8 時間値（8 時間の移動平均

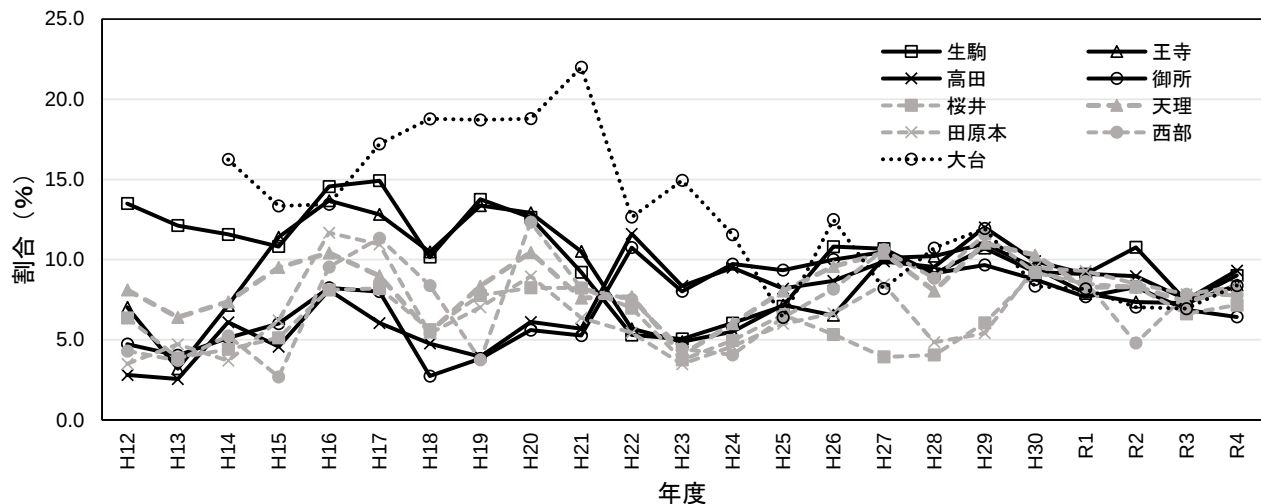


図2 測定局における昼間1時間値の基準超過率の推移

値)を算出。

(2) 8時間値から日最高値を算出。

(3) 年間代表値(8時間値の日最高値の年間上位1%を除外した値,すなわち年間99パーセンタイル値)を算出。

(4) 年間代表値の3年移動平均を算出。

結果と考察

1. 従来の指標による評価結果

1) 環境基準の達成状況

Oxは「1時間値が0.06ppm以下」であれば環境基準達成であるが、本県では1977年以降、全局で環境基準未達成である。

各測定局における昼間1時間値の基準超過率の推

移を図2に示す。平成12年度は基準超過率が2.8～13.5%，令和4年度は6.4～9.3%であった。平成12～30年度頃までは測定局によって超過率のばらつきが大きかったが、近年は各測定局間での変動が少なくなることがわかった。また、大台ヶ原局では平成17～23年度頃に他の測定局と比べて基準超過率が高いことがわかった。年度間の変動が大きく、23年間のOx濃度の明確な推移は把握できなかったが、平成30年度以降は基準超過時間の割合が減少傾向にあるように思われる。

2) Ox注意報等の発令状況

本県におけるOx注意報等発令回数を図3示す。年度毎にばらつきはあるが、平成12～26年度の期間において予報および注意報の発令回数は経年減少傾向

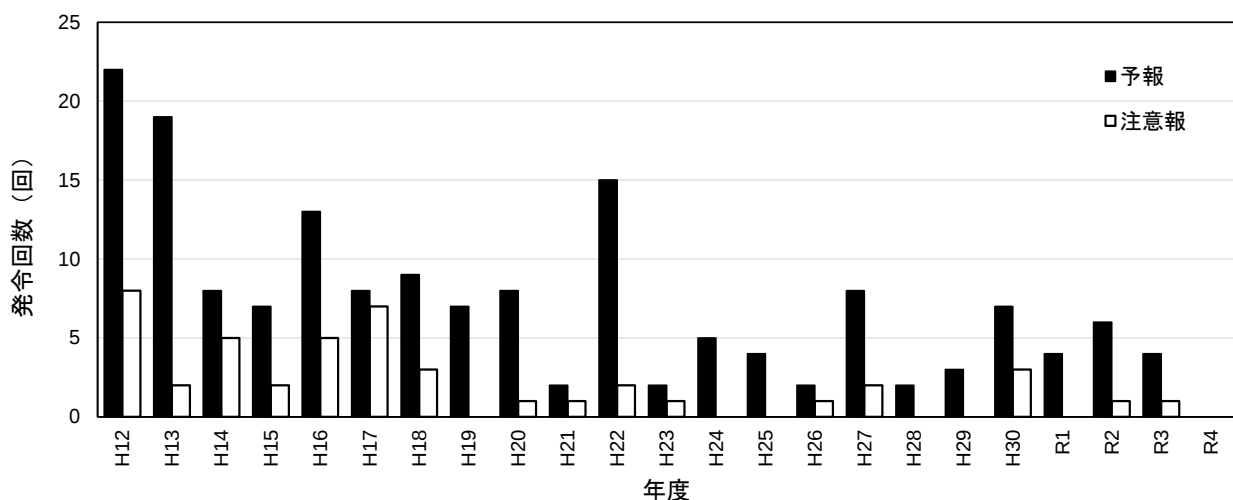


図3 Ox注意報等の発令状況

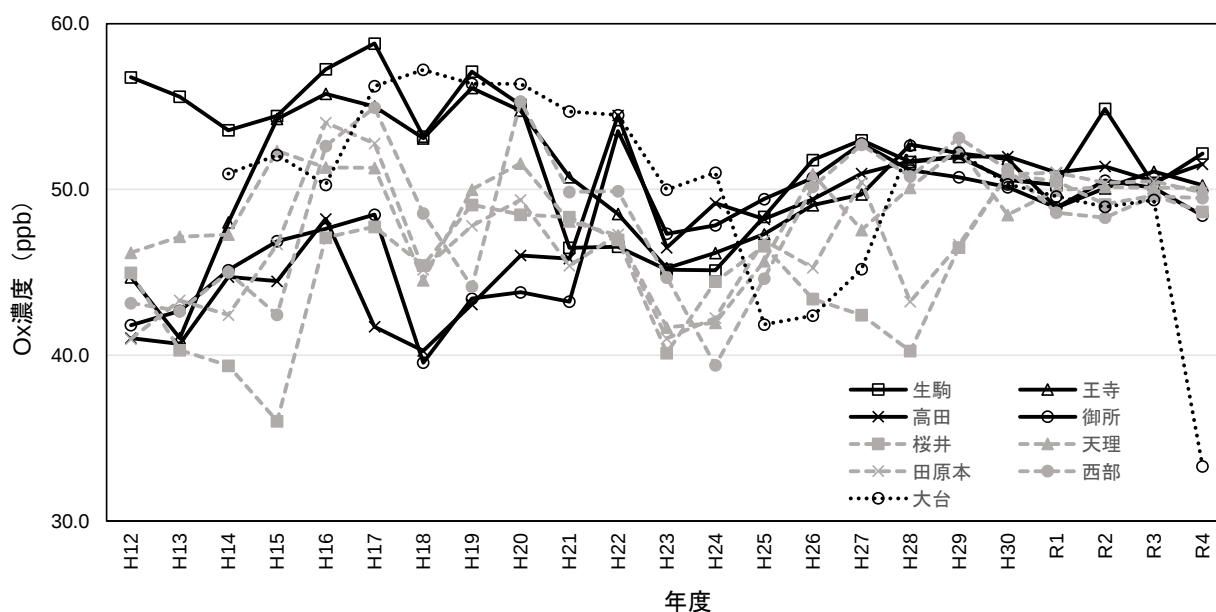


図4 測定局における昼間の日最高1時間値の年平均値

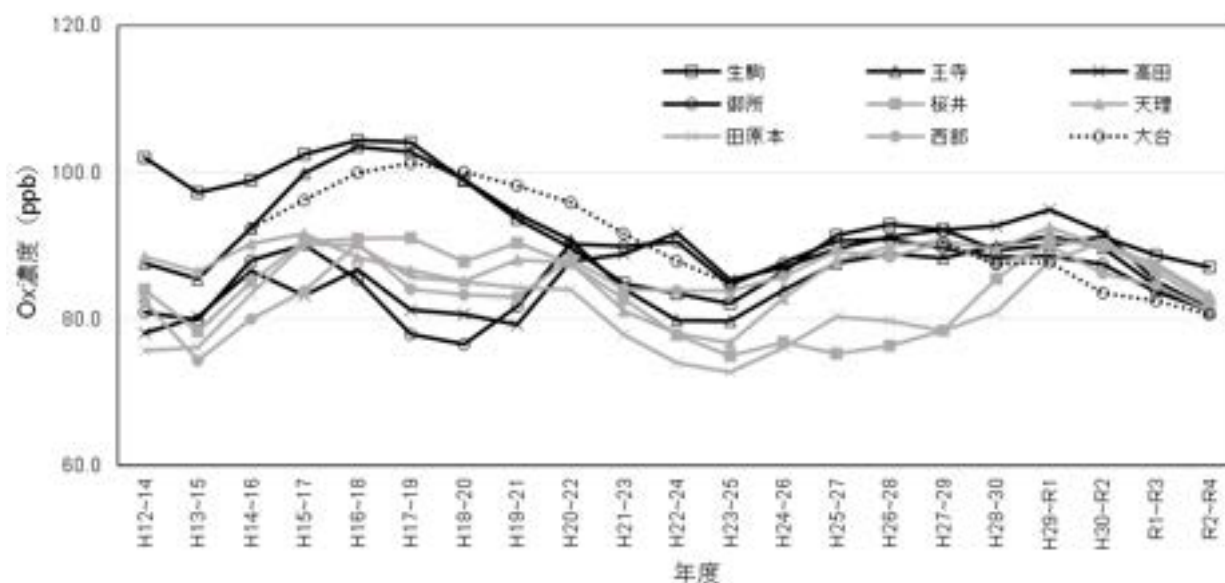


図5 測定局における日最高8時間平均値の年間99%値の3年平均値（新指標）

向にあったが、その後はほぼ横ばいであった。

3) 昼間の日最高1時間濃度の年平均値

各測定局における昼間の日最高1時間濃度の年平均値の結果を図4に示す。評価期間を通して、最大値は生駒局の58.8 ppb（平成17年度）、最小値は大台局の33.3 ppb（令和4年度）であった。しかし、平成29年度頃までは年度間の変動が大きく、Oxの推移を明確にとらえることができなかった。なお、平成29年度以降からはほぼ横ばい傾向が見られた。

2. 新指標による評価結果

全測定局の新指標値を図5に示す。最大値は生駒局の104.4 ppb（平成16～18年度）、最小値は田原本局の72.7 ppb（平成23～25年度）であった。各測定局の濃度の推移は、およそ平成16～18年度まで上昇し、その後は減少傾向であった。平成23年度～25年度を境に再び上昇し始めたが、平成29～令和元年度にピークを迎え、それ以降は減少傾向であった。

まとめ

平成 12 年度から令和 4 年度において、県内の大気常時監視測定局 9 局の測定データにより従来の指標と新指標について評価したところ、従来の指標では近年ほぼ横ばい傾向が見られたのに対し、新指標では改善傾向にあると考えられ、それぞれの指標において若干の違いがみられた。また、従来の指標では年度間でのばらつきが大きく、Ox 濃度の長期的な傾向をつかむのが困難であったが、新指標を用いた評価では年々変動が少なく、長期的な変化をとらえることができた。今後も新指標による長期的な傾向把握を行いながら、環境施策の影響を確認していく必要があると考える。

参考文献

- 1) 環境省：令和 3 年度大気汚染状況について、
https://www.env.go.jp/press/press_01411.html
- 2) 環境省水・大気環境局大気環境課：光化学オキシダントの環境改善効果を適切に示すための指標（中間とりまとめ）について
（平成 26 年 9 月 26 日付け環水大大発第 1409262 号）
- 3) 環境省水・大気環境局大気環境課：光化学オキシダントの環境改善効果を適切に示すための指標に係る測定値の取り扱いについて
（平成 28 年 2 月 17 日付け環水大大発第 1602171 号）

奈良県内大気中におけるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド濃度の経年変化

久保友佳子・村上友規・上林政貴・杉本恭利

A Chronological Trend of Formaldehyde and Acetaldehyde Concentrations in Nara Prefecture's Atmosphere

KUBO Yukako・MURAKAMI Yuki・KAMBAYASHI Masaki and SUGIMOTO Kiyotoshi

緒 言

大気環境の改善により、2023年において、ほとんどの常時監視項目の環境基準を達成しているが、国内における光化学オキシダント（Ox）については、現在も達成できていない状況が続いている。奈良県内では8ヶ所の大気観測局でOxを常時監視しているが、1977年以降より現在に至るまで環境基準は全局で未達成となっている。

Oxは大気中の窒素酸化物（NO_x）と揮発性有機化合物（VOC）の光化学反応によって生成することが一般的に知られている。高林ら¹⁾はVOCの一斉分析を行い、奈良県内のVOCの実態調査及びOx生成の寄与の評価を行った結果、全季節においてOxの生成能に対するアルデヒド類（ALD）の寄与が高いことについて言及している。

代表的なALDであるホルムアルデヒド（FA）及びアセトアルデヒド（AA）は大気汚染防止法に基づき、有害大気汚染物質の優先取組物質として定められ、環境動態の把握及び排出抑制が求められており、奈良県では月1回のモニタリングを行っている。ALDは様々な固定発生源から直接排気される他、ボイラーや自動車などの排ガス中にも含まれている。特に都市部においては自動車を中心とした移動体から大気環境中への放出量が多いとされている^{2) 3)}。このように一次的に排出されるほか、光化学反応が活発になる夏期には、大気中での二次生成の寄与がALDの環境濃度の変化に大きく影響している^{2) 3)}。しかし、道路交通量が都市部と比較して相対的に少ない奈良県は、移動体による一次排出の寄与が少なくなることが予想される一方で、奈良県においてそれらを詳細に考察した事例はこれまで無い。

そこでOxの前駆物質として、また有害大気汚染物質として環境実態の把握が重要視されるFA及びAAについて、移動体からの一次排出及び光化学反応による二次生成の状況を明らかにするため、2008～22年度のモニタリングデータの解析を行ったので、その概要を報告する。

方 法

1. 解析対象地点

解析対象地点は、一般環境地点として天理局、沿道地点として自排櫃原局を選定した（図1）。天理局は周辺を田畑に囲まれ、住宅地や商業地域からはやや離れた立地であることから、都市郊外部の状況を反映した地点とみなした。自排櫃原局は県内の主要な幹線道路である国道24号線沿いに立地しており、南0.8 kmには大和高田バイパスがある。そのため、道路交通の影響を受けやすい地点とみなした。



図1 測定地点

2. 解析対象物質

本研究で解析対象とするALD等のデータは、「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」⁴⁾に従い、過去に当センター測定したモニタリングデータを用いた。また、比較のため、環境省HPより一般及び沿道におけるFA及びAAの全国平均値を引用した⁵⁾。ALDの比較対象物質として、移動体が主な発生源であるベンゼン（BE）、1,3-ブタジエン、ベンゾ（a）ピレン（BaP）を選定した。

3. 評価期間

評価期間は2008～22年度の15年間とした。また、評価期間を5年ごとに3つの期間（前期：2008～12年度、中期：2013～17年度、後期：2018～22年度）に分け、それらの平均値を比較することで、長期的な傾向を考察した。

4. 一次排出量の経年変化

FA, AAの一次排出量の経年変化を把握するため、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理改善の促進に関する法律」(PRTR法)に基づく奈良県内の届出排出量及び届出外排出量の経年変化を解析した。

5. ALDの二次生成についての調査

1) ALD/BE濃度比

松本⁶⁾はALDと同様に移動体が発生源であり、光化学反応性の小さいBEとの濃度比を用いて、FA/BE及びAA/BE濃度比の増減をFA及びAAの光化学生成量の増減とみなして考察している。そこで、本研究も同様の比を用いて検証した。

2) ALDとPOxの相関

光化学反応によって二次生成されるOxはALDと関係があることが知られている。ただし、Oxの主成分であるオゾンは一酸化窒素と瞬時に反応し、消失することから、潜在的なオゾン濃度として次式で計算されるポテンシャルオゾン(POx)を指標とした解析が有効である⁷⁾。そこで、ALDとPOxの相関関係を評価した。

$$[POx] = [Ox] + [NO_2] - 0.1 \times [NO_x] \quad (\text{式})$$

POxの算出に必要なOx, NO₂, NO_xのデータは、天理局の常時監視データを使用した。また、自排橿原局ではOxを測定していないため、Oxのデータのみ自排橿原局近隣の桜井局の常時監視データを使用した。

3) 暖候期の気温及び全天日射量の経年変化

光化学反応は気温が高く、日差しが強いときに活発になることが一般的に知られている。天理局の常時監視データを使用し、気温の経年変化について解析を行った。なお、自排橿原局では気温を測定していないため、天理局のみ解析を行った。また、全天日射量は両地点とも測定していないため、気象庁のデータ⁸⁾を使用し、解析を行った。

結果と考察

1. 経年変化

1) 一次排出量の経年変化

奈良県内のFA及びAAのPRTR法に基づく届出及び届出外排出量の経年変化を図2に示す。なお、FAは2009年度から特定第一種指定化学物質となったため、年間取扱量が0.5トン以上(2009年度までは1トン以上)の事業所による排出量等の届出が2010年度から開始している⁹⁾。

奈良県内の排出量はFA及びAAの排出量は経年的に減少傾向にあった。2008～18年度のFA排出源及び2008～21年度のAAの排出源の約8割は移動体(自動車等)であっ

た。FAは2018年度と比較して、2019～21年度は移動体の排出量が1～2割程度減少したが、これは2019～21年度はコロナ禍の影響により、交通量が減少したためであると考えられる。一方で事業者による排出量は10倍程度増加していた。FAの水溶液であるホルマリンやFAガスは消毒・滅菌に使用されており、感染症の流行により使用量が増えたことが要因の一つとして考えられる。

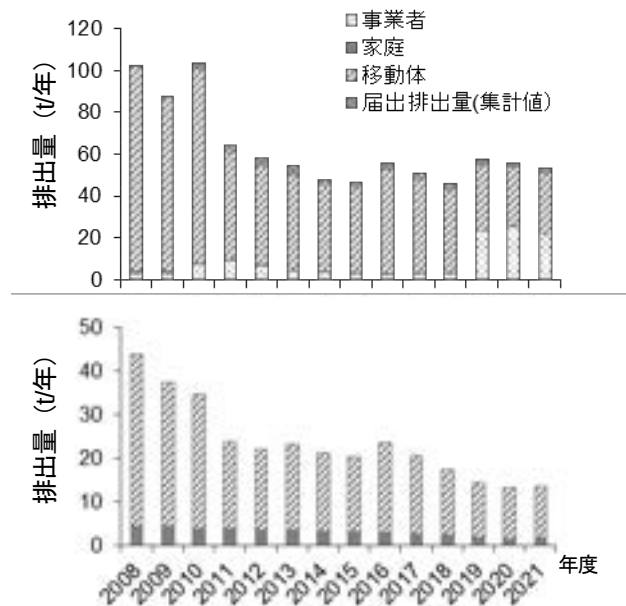


図2 奈良県内の(a)FA, (b)AAのPRTR法届出及び届出外排出量の経年変化

2) 大気中濃度の経年変化

FA及びAAの大気中濃度について、天理局、自排橿原局、一般環境属性及び沿道属性の全国平均の経年変化を図3に示す。

FA濃度及びAA濃度はすべての期間において天理局よ

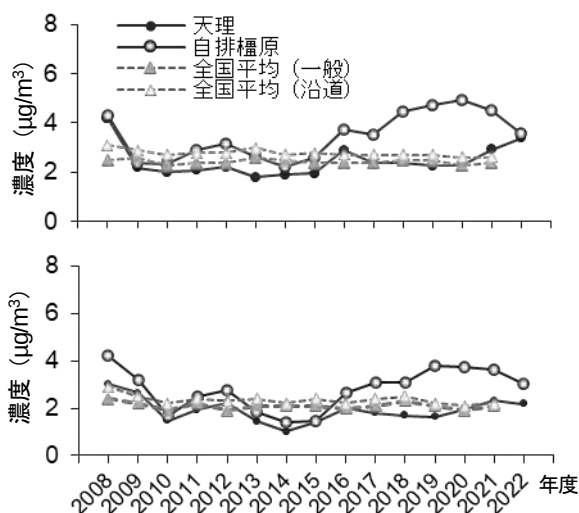


図3 奈良県内及び全国の(a)FA, (b)AA濃度の経年変化

り自排櫃原局の方が高かった。全国平均値も一般局と比較して沿道で濃度が高いことから、沿道では移動体の影響を受けやすいと考えられる。FA濃度については、天理局では2010年度以降横ばいであり、全国平均値と同程度であった。一方で、自排櫃原局については、2016年以降全国平均値よりも1.3～1.9倍程度高かった。AA濃度については、天理局では2010年度以降横ばいであり、全国平均値と同程度であった。一方で自排櫃原局では2016年以降全国平均値よりも1.2～1.8倍程度高かった。また、PRTR法届出及び届出外排出量は経年的に減少傾向にあったにもかかわらず、FA濃度及びAA濃度は減少していなかった。

2. 他物質との比較

FA, AA, BE, 1,3-ブタジエン, BaPの月毎の平均濃度のグラフを図4に示す。ALDは両局とも、4～9月の暖候期に高くなる傾向にある一方で、BE, 1,3-ブタジエン, BaPは10～3月の寒候期に濃度が高かった。

ALD及び1,3-ブタジエン, BE, BaPはいずれも自動車を中心とした移動体が主たる発生源であるにも関わらず、ALDは他3物質と異なる季節傾向を示した。先述のとおり、ALDは光化学反応により二次生成されることが一般的に知られており、光化学反応の起こりやすい暖候期に濃度が高くなったと考えられる。

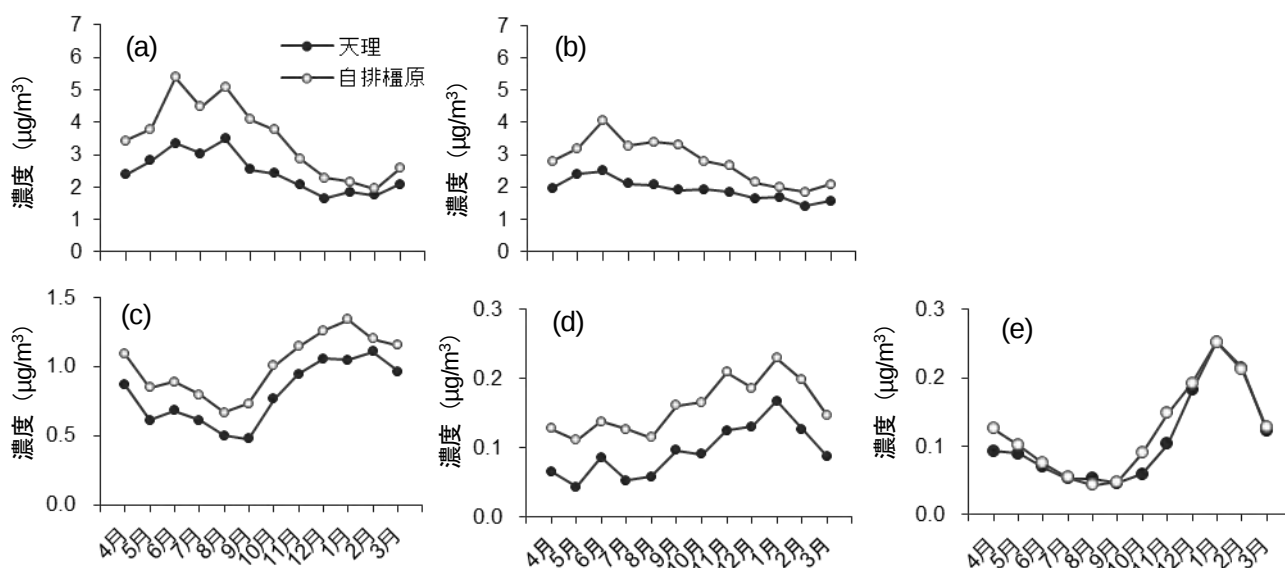


図4 (a)FA, (b)AA, (c)BE, (d)1,3-ブタジエン, (e)BaPの月毎の平均濃度

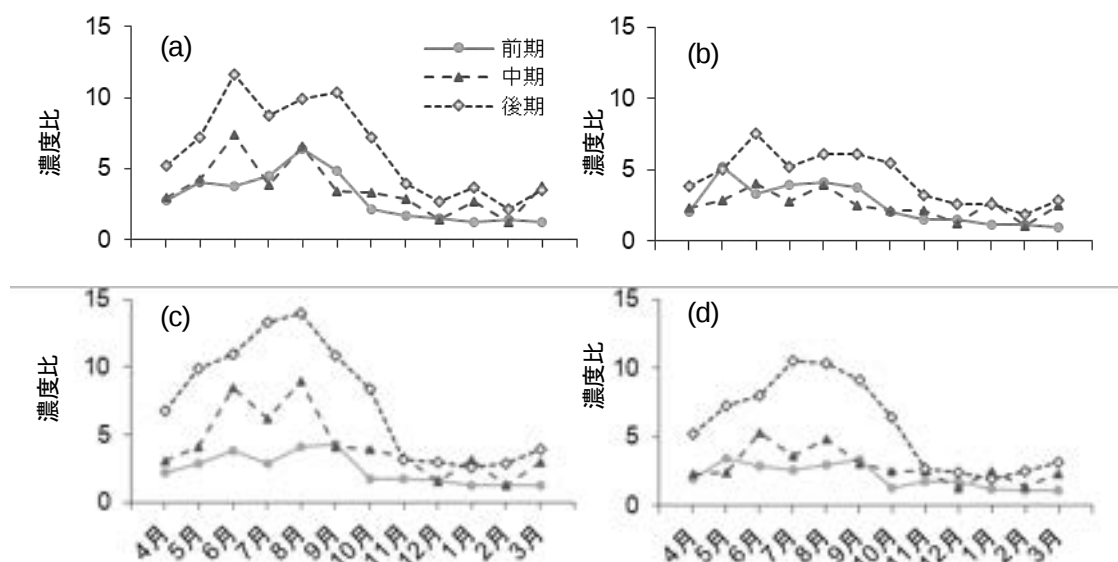


図5 月毎の(a)天理局のFA/BE濃度比, (b)天理局のAA/BE濃度比, (c)自排櫃原局のFA/BE濃度比, (d)自排櫃原局のAA/BE濃度比

3. ALDの二次生成についての調査

1) ALD/BE濃度比

図5に各期間（前期・中期・後期）のFA/BE及びAA/BE濃度比の各月平均値を示す。FA/BE、AA/BE濃度比はともに暖候期に大きく、寒候期に小さい結果となった。暖候期については、FA/BE濃度比の方がAA/BE濃度比よりも1.5倍程度大きく、AAと比較して、FAの光化学反応による寄与が高いことが示唆された。また、FA/BE、AA/BE濃度比は前期、中期は同程度であるが、後期に2～3倍程度高くなっていた。自排櫃原局では、前期と比較して、中期は1.2～1.5倍、後期は2～5倍程度高かった。以上のことから、光化学反応による二次生成の寄与が相対的に高まっていることが示唆された。

2) 暖候期のALDとPOxの相関

暖候期のALDとPOxの相関を評価した。図6、7に暖候期の天理局のALD濃度とPOx濃度の散布図、表1に各期間の暖候期のALD濃度とPOx濃度の相関係数を示す。なお、POxは採取日の最高値を用い、データ数はn=30（暖候期の6か月×5年間）とした。

暖候期の天理局のALDとPOxの散布図はすべての期間において正の相関があったが、後期が最も強い相関が

あった。自排櫃原局でも同様の結果であった。暖候期の天理局のFAとPOxの相関係数は、前期から後期にかけて相関が高くなり、後期は最も高かった。また、AAとPOxとの相関は後期がもっとも高い値を示した。自排櫃原局の各相関係数についても後期が最も高い値を示した。この結果から、暖候期の大気中のALDの濃度について、後期は光化学反応による二次生成の寄与が相対的に高まっていることが推察された。

表1 暖候期のALDとPOxの相関係数（n=30）

	天理局			自排櫃原局		
	前期	中期	後期	前期	中期	後期
FA	0.31	0.37	0.61	0.36	0.14	0.73
AA	0.39	0.38	0.83	0.37	0.14	0.67

3) 暖候期の気温及び全天日射量の経年変化

天理局の気温について、暖候期の年平均値および5年移動平均値を図8に示す。2008～12年の5年移動平均値と比較し、2018～22年度間の5年移動平均値は1.0℃程度上昇しており、後期は二次生成しやすい条件となっていると考えられる。

奈良市の全天日射量について、暖候期の年平均値及び5年移動平均値を図9に示す。全天日射量は経年的に上

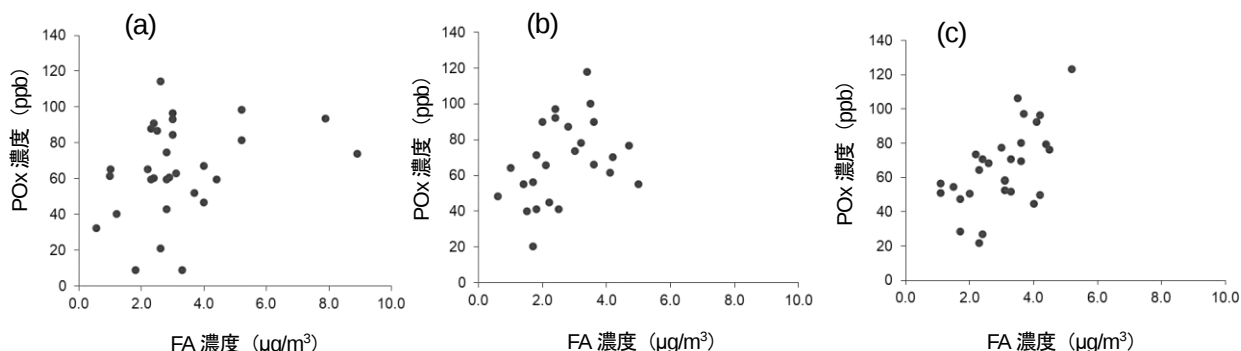


図6 暖候期の天理局の(a)前期、(b)中期、(c)後期のFA濃度POx濃度の散布図

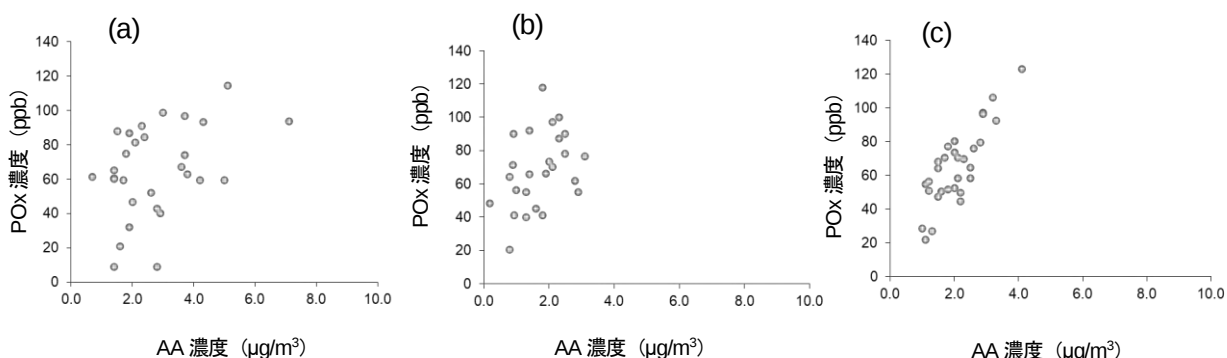


図7 暖候期の天理局の(a)前期、(b)中期、(c)後期のAA濃度とPOx濃度の散布図

昇しており、後期は二次生成しやすい条件となっていると考えられる。

以上のことから、後期は前・中期と比較し、二次生成の寄与が高いことが推察された。

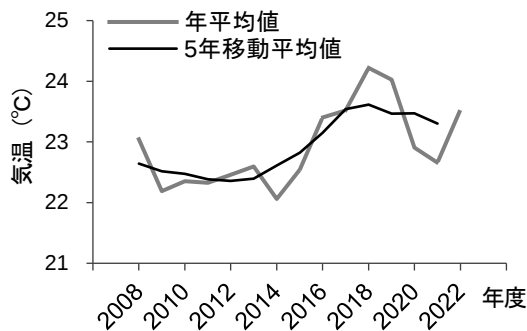


図8 天理局の気温（平均値）の経年変化

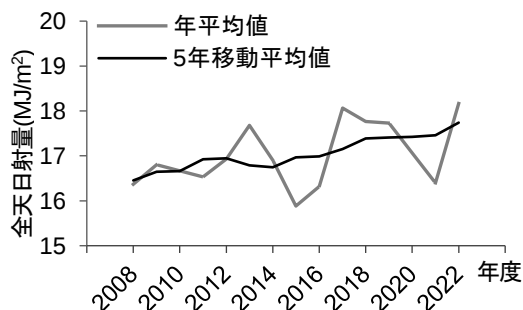


図9 奈良市の全天日射量（平均値）の経年変化

まとめ

奈良県内のFA及びAAについて、自動車等移動体からの一次排出及び光化学反応による二次生成の状況を明らかにするため、天理局及び自排橿原局の2008～22年度の15年間のモニタリングデータを解析した。評価期間は5年ごとに3つの期間（前期：2008～12年度，中期：2013～17年度，後期：2018～22年度）に分け、その平均値を比較することで長期的な傾向を考察した。

経年変化を確認したところ、ALDの一次排出が減少傾向にあるにも関わらず、大気中濃度は減少していなかった。ALD同様、移動体からの移動体が主たる発生源であるBE、1,3-ブタジエン、BaPと比較したところ、ALDは暖候期に、他3物質は寒候期に濃度が高い傾向があった。暖候期の大気中ALD濃度は二次生成の影響があることが推察された。

そこで、ALDの二次生成について考察するため、解析を行った。ALD/BE濃度比を解析したところ、暖候期に光化学反応による二次生成の寄与が高く、特に後期はALD/

BE濃度比が高かった。暖候期のALDとPOxの相関を解析したところ、特に後期は強い相関があった。暖候期の天理局の平均気温及び奈良市の全天日射量は経年的に上昇傾向にあり、後期になるほど二次生成しやすい条件となっていると推察された。以上のことから、後期は前・中期と比較し、二次生成の寄与が高いことが推察された。

参考文献

- 1) 高林愛，浦西克維，志村優介他：奈良県景観・環境総合センター年報，10，17-21（2022）
- 2) 独立行政法人 産業技術総合研究所・化学物質リスク管理研究センター共編：詳細リスク評価書シリーズ17 ホルムアルデヒド，丸善（2009）
- 3) 独立行政法人 産業技術総合研究所・化学物質リスク管理研究センター共編：詳細リスク評価書シリーズ11 アセトアルデヒド，丸善（2007）
- 4) 環境省 令和3年度 大気汚染状況について（有害大気汚染物質モニタリング調査結果報告）
https://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon_r02/index_00001.html
- 5) 環境省 有害大気汚染物質等測定方法マニュアル（平成9年2月，令和6年4月最終改訂）
- 6) 松本利恵：埼玉県環境科学国際センター報，20，71-75(2020)
- 7) Itano Y., Bandow H, Takenaka N., et al : *Science of The Total Environment*, 379, 46-55(2007)
- 8) 気象庁HP <https://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 9) 環境省HP PRTRインフォメーション広場
<https://www.env.go.jp/chemi/prtr/risk0.html>

奈良県における大気粉じん中の多元素測定と解析

志村優介・上林政貴・村上友規・吉田実希・久保友佳子・杉本恭利

Multielement Quantitation and Analysis of Airborne Particulates in Nara Prefecture

SHIMURA Yusuke・KAMBAYASHI Masaki・MURAKAMI Yuki・YOSHIDA Miki・KUBO Yukako and
SUGIMOTO Kiyotoshi

緒 言

都道府県は大気汚染防止法第22条に基づき、有害大気汚染物質とPM_{2.5}の常時監視を実施している。当センターでは有害大気汚染物質（分級していない大気粉じん）のうち無機元素は5元素、PM_{2.5}の無機元素は32元素を測定している。PM_{2.5}は多元素のデータが蓄積されているが、大気粉じんは測定項目が少なく十分なデータがない。そのため、大気粉じんでも多元素の測定を行うことで様々な解析に応用できると考えられる。大気中の粒子状物質の粒径分布は粗大粒子側と微小粒子側にそれぞれピークを持つ二峰性の分布であり（図1）、PM_{2.5}を測定することで微小粒子を、分級していない大気粉じんのデータからPM_{2.5}のデータを差し引くことで粗大粒子をそれぞれ評価できる。現在大気粉じんの捕集には石英繊維製フィルタを用いているが、Na, Al, K, Caなどの元素はブランクが高く測定困難である。そこで、不純物が少なくPM_{2.5}の捕集にも使用されるPTFE製フィルタを捕集に用いることを検討した。本研究では、PTFE製フィルタを用いてより多種類の無機元素が測定できるか検証したうえで、実サンプルの測定を行い、PM_{2.5}のデータと合わせて解析を行った。

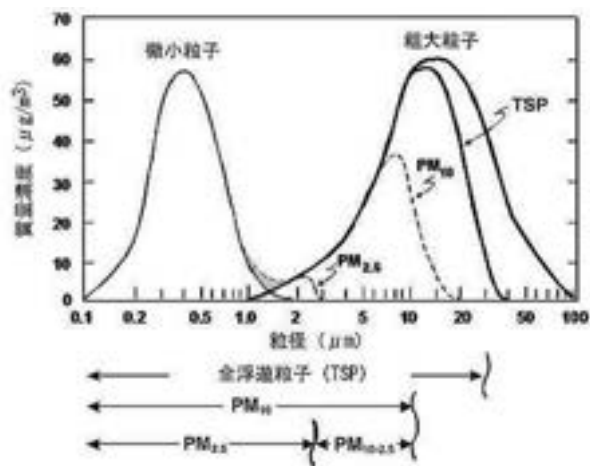


図1 大気中粒子状物質の粒径分布

方 法

1. 分析方法及び定量下限値の算出

石英繊維製フィルタ及びPTFE製フィルタを用いた際の各元素の定量下限値について確認した。石英繊維製フィルタはPALL社製2500QAT-UPを、PTFE製フィルタは住友電工ファインポリマー製ポアフロンのWP500-50を用いた。捕集の条件を表1に示す。各元素の定量下限値はフィルタの操作ブランク値を測定し、その標準偏差の10倍から求めた。石英繊維製フィルタは88 cm²、PTFE製フィルタは22 cm²を切り出し圧力酸分解容器に入れ、硝酸6 mL、フッ化水素3 mL、過酸化水素1 mLを加え圧力酸分解を行った。この分解液を濃縮し、5%希硝酸で希釈、定容してICP-MSにより各元素の濃度の測定を行った。分析のフローチャートを図2に示す。ICP-MSの測定条件は環境省の有害大気汚染物質測定方法マニュアルに従った²⁾。

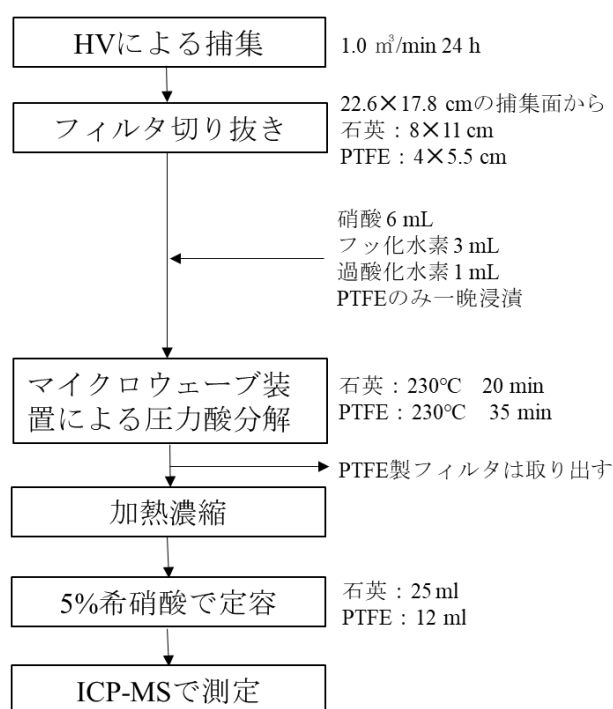


図2 大気粉じん分析のフローチャート

表1 大気粉じんの捕集条件

	石英繊維製フィルター	PTFE製フィルター
使用フィルター	PALL社製 2500QAT-UP	住友電工 ファインポリマー製 ポアフロンのWP500-50
捕集条件	1 m ³ /min, 24時間	
捕集機器	紀本電子工業製 ハイボリウムエアサンプラー	
捕集場所	保健研究センター屋上	
捕集時期	5/9～5/24・7/20～8/4・10/19～11/2・1/18～2/2 (PM _{2.5} 捕集期間と同じ・平日のみ)	

表2 各元素の定量下限値

	石英 (ng/m ³)	PTFE (ng/m ³)	PTFE/石英 (%)
Be	0.0079	0.0016	20
Na	32	6.8	22
Al	130	24	19
K	15	0.95	6.5
Ca	30	9.3	31
Sc	0.051	0.0059	11
Ti	4.5	0.35	7.9
V	0.029	0.0017	5.9
Cr	5.6	0.081	1.4
Mn	0.51	0.064	12
Fe	27	13	48
Co	0.034	0.0022	6.6
Ni	1.8	0.72	40
Cu	0.53	0.024	4.5
Zn	2.8	0.36	13
As	0.016	0.0039	25
Se	0.0045	0.0022	48
Rb	0.012	0.0014	12
Sr	0.30	0.012	3.8
Mo	17	0.0036	0.021
Cd	0.0055	0.00090	16
Sb	0.079	0.0059	7.5
Cs	0.0014	0.0011	75
Ba	4.3	0.029	0.68
La	0.12	0.0010	0.84
Ce	0.23	0.00084	0.36
Sm	0.071	0.0013	1.9
Hf	0.25	0.00041	0.16
Ta	0.0061	0.00021	3.5
W	0.043	0.0048	11
Pb	0.30	0.0087	2.9
Th	0.23	0.00017	0.07

2. 抽出率の確認

PTFE製フィルタはフッ化水素と反応せず、折りたたまれたフィルタの間に粉じんが未分解のまま残留する恐れがある。そのため、一度の酸分解でPTFE製フィルタ上の粉じんが十分に分解できたか、元素別に確認した。大気粉じんを捕集した同じフィルタを2回酸分解し、1回目の分解液と2回目の分解

液に含まれている元素の濃度をそれぞれ測定した。(1回目の分解液の濃度)/(1回目の分解液の濃度+2回目の分解液の濃度)×100を抽出率(%)と定義し、この値が90%を超えていれば1回の酸分解で十分に分解できていると判断した。

3. 石英繊維製フィルタとの測定値の比較

PTFE製フィルタの測定値が従来の石英繊維製フィルタと一致するか確認した。石英繊維製フィルタとPTFE製フィルタで10日間大気粉じんの並行採取を行い、両者の測定値が一致するか確かめた。基準として、二重測定の実施基準(環境省マニュアル)²⁾として用いられる測定値間の差が30%以内であれば値が一致しているとした。

4. 実サンプルの測定

PM_{2.5}サンプリング期間(春夏)と毎月の有害サンプリングに合わせて、大気粉じんの捕集を行った。大気粉じんの捕集は保健研究センター屋上にて紀本電子工業株式会社製ハイボリウムエアサンプラを用い1 m³/min, 24時間で実施した。

結果と考察

1. 定量下限値の算出

全元素で定量下限値が石英繊維製フィルタと比較して低下した。石英繊維製フィルタでブランク値が高かった元素についてもPTFE製フィルタでは問題なく測定できることが確認された。特に、大気中に多量存在するにもかかわらず石英繊維製フィルタで測定が困難だったNa, Caなどが定量可能となった。各元素の石英繊維製フィルタとPTFE製フィルタでの定量下限値を表2に示す。

2. 抽出率の確認

全ての元素で抽出率が90%を上回った。PTFE製フィルタでもフィルタ上の粉じんが十分に分解されていると考えられる。

3. 石英製フィルタとの測定値の比較

両フィルタで捕集した大気粉じんの測定結果をプロットした散布図を図3に示す。一部、石英繊維製フィルタで定量下限値が高い元素(Ca, Cr, Ni, Sbなど)では測定値のばらつきがあったが、測定値間の差が30%以内のサンプルが多く、石英繊維製フィルタの

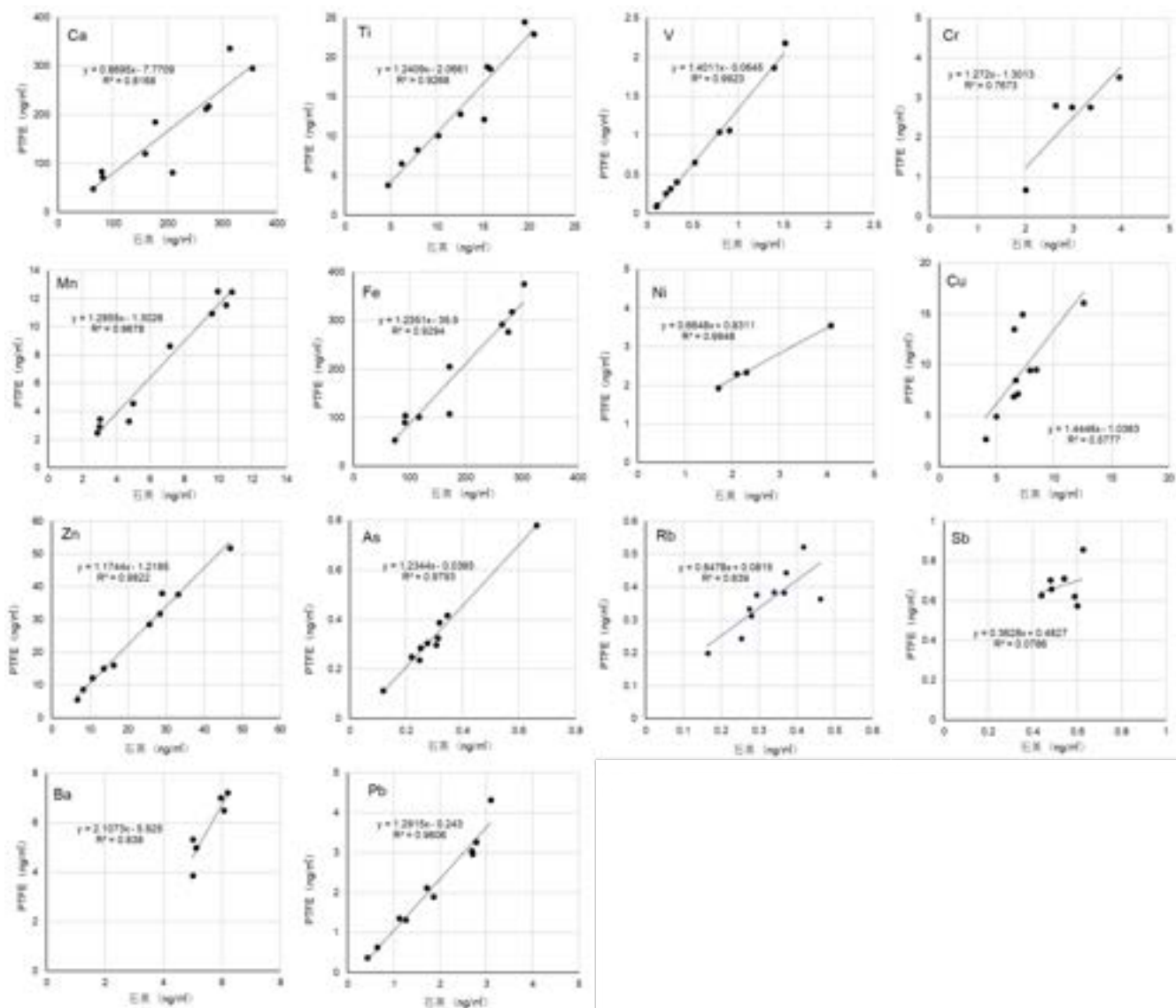


図3 PTFE 製フィルタと石英繊維製フィルタの測定値の比較

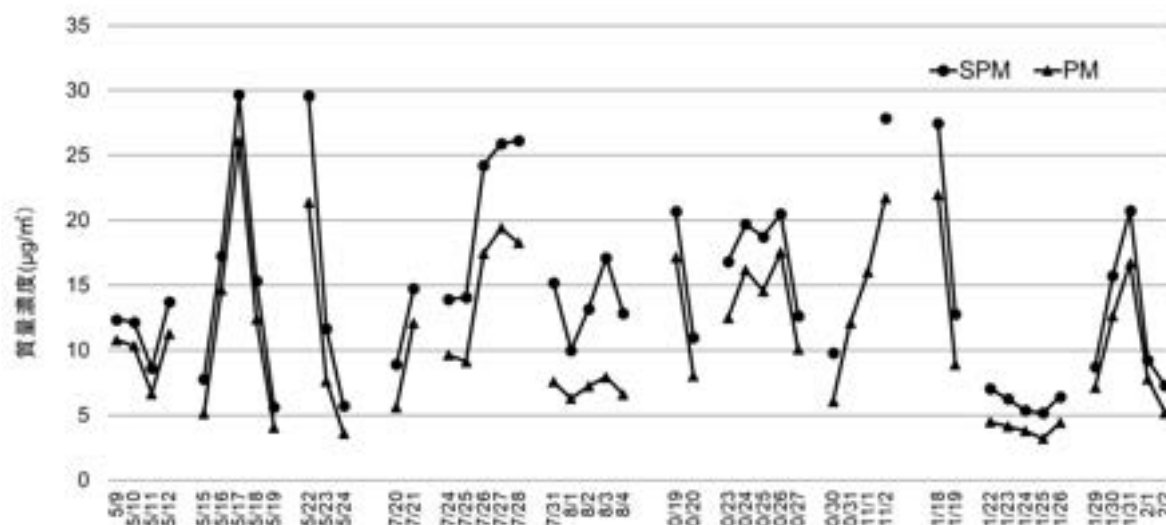


図4 採取期間中の SPM・PM_{2.5} 濃度推移

測定値の相関は強かったためPTFE製フィルタでの測定値に問題はないと考えられた。

以上の検証の結果から、PTFE製フィルタで大気粉じんの捕集と分析が問題なく行えることが確認された。

4. 実サンプルの測定

1) 捕集期間中のSPM及びPM_{2.5}濃度

PM_{2.5}捕集期間中の浮遊粒子状物質 (SPM) 及びPM_{2.5}濃度の推移を図4に示す。SPMは大気粉じんの内10 µm以上の粒子を除いたものを指し、ここでは粗大粒子の値として取り扱うこととした。また、SPM及びPM_{2.5}ともに桜井の自動測定局のデータを用いた。期間中に環境基準値³⁾(一日平均値SPM:100 µg/m³ PM_{2.5}:35 µg/m³)を超過する高濃度日は無かったが、春季にやや高濃度の日が見られた。この高濃度事例については後程解析する。

2) 各元素の粒径分布

大気粉じん中に含まれる各元素が微小粒子と粗大粒子のどちらに偏在しているか、各元素についてPM_{2.5}の質量濃度/大気粉じんの質量濃度×100 (%)を算出することで推定した。大気粉じんの粒径分布は前掲の図1のとおりであり、PM_{2.5}が微小粒子に、大気粉じん全体からPM_{2.5}を除いたものが粗大粒子に概ね相当する。PM_{2.5}は質量濃度で大気粉じん全体のおよそ半分を占めているため、すべての粒径の粒子に元素が均等に分布している場合、この値はおよそ50%となる。50%を超えた元素は微小粒子に多く、下回った元素は粗大粒子に多いと考えられる。各元素の全サンプルの平均値を各元素の濃度と合わせて図5に示す。50%を超えた元素はNa, Al, K, Sc, V, Cr, Mn, As, Se, Rb, Mo, Cd, Sb, Cs, La, Hf, Ta, W, Pbで、50%を下回った元素はBe, Ca, Ti, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba, Ce, Sm, Thだった。元素によってこの値は様々であり、各元素が含まれる粒子の発生源と発生過程が異なることが推測される。

3) 高濃度事例解析

PM_{2.5}とSPMが高濃度となった5月17日と22日について原因を解析した。当該日は大気粉じん中の土壌の指標成分であるAl, Ca, Ti⁴⁾の濃度

が前後の日と比べて大幅に上昇した(図6)。また、後方流跡線解析⁵⁾を行ったところ、当該日は両日とも黄砂の発源地域である中国北部の気塊が流入していた(図7)ため、黄砂の影響が示唆された。本事例は微小粒子と粗大粒子に含まれる無機元素の質量濃度を用いてさらに考察した。黄砂飛来日の大気粉じんの粒径分布は平常時と大きく変わらないことが知られており⁶⁾(図8)、微小粒子と粗大粒子の両方に分布する。また、当該日のAl, Ca, Tiについて、PM_{2.5}の質量濃度/大気粉じんの質量濃度を算出し前後日と比較したところ大きな差がなかった(図9)。当該日に飛来した土壌粒子は微小粒子と粗大粒子の両方に分布していたと考えられ、本事例は黄砂の影響が疑われる。

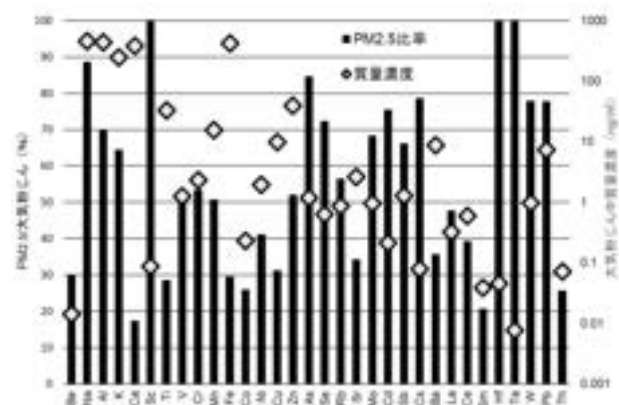


図5 各元素のPM_{2.5}への分布
(質量濃度は対数目盛で表示している)

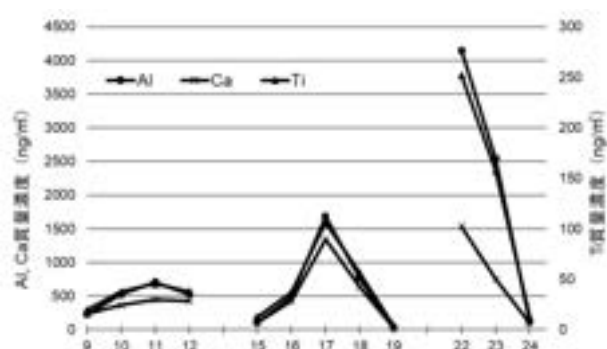


図6 春季採取期間における土壌指標成分の大気粉じん中の質量濃度

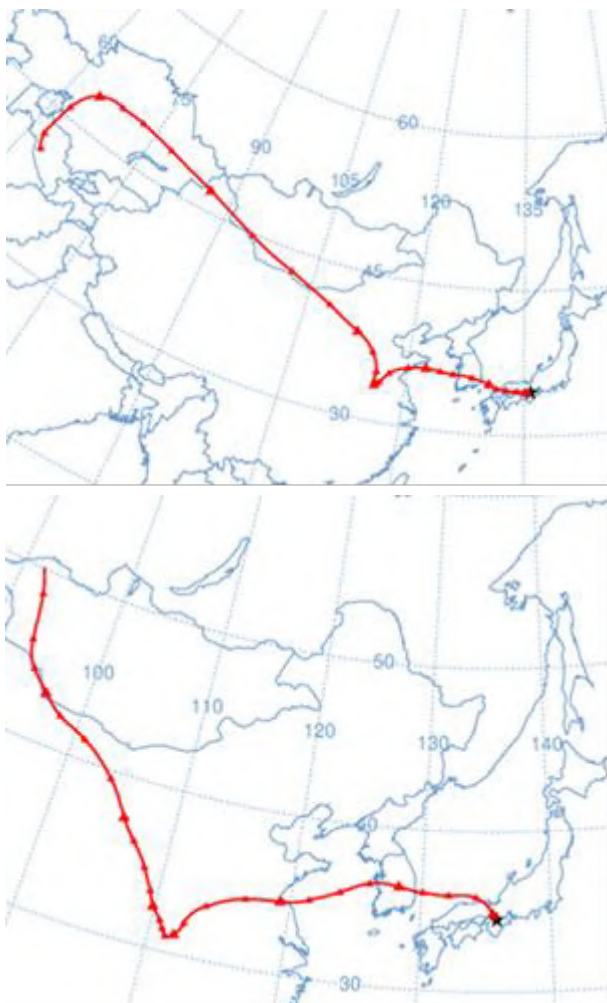


図7 2023年5月17日12時（上）と22日12時（下）桜井市を起点とした後方流跡線解析

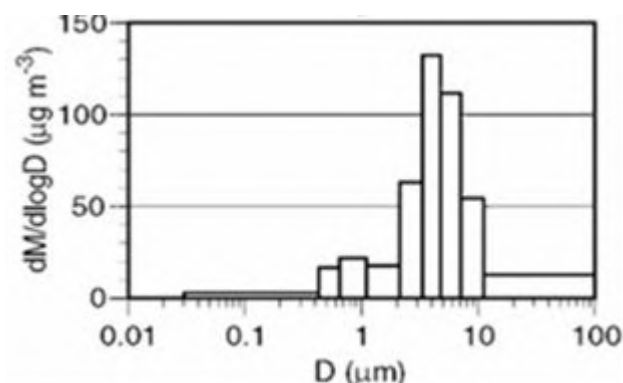


図8 黄砂飛来日大気粉じんの粒径分布⁶⁾

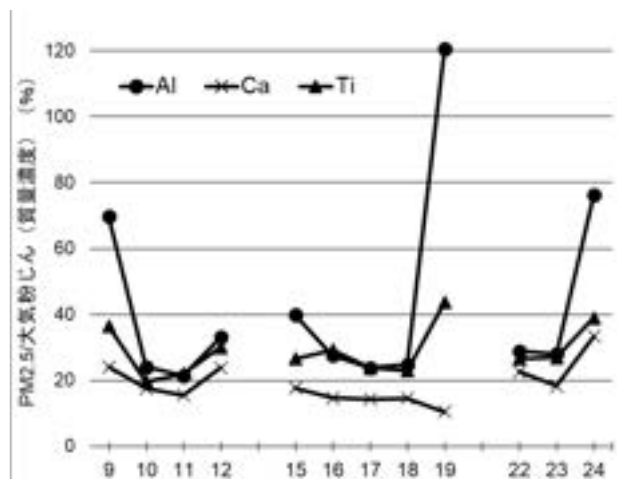


図9 春期採取期間における大気粉じんとPM_{2.5}の土壌指標成分の質量濃度比

まとめ

本研究ではPTFE製フィルタを用いることでPM_{2.5}と同じ種類の無機元素を大気粉じんにおいて測定できることを確認し、PM_{2.5}のサンプリング期間及び有害サンプリングと合わせてサンプルの捕集と分析を行った。既存のハイボリウムエアサンプラとPM_{2.5}サンプラで大まかに微小粒子と粗大粒子に含まれる無機元素を測定可能となった。

参考文献

- 1) 福岡県保健環境研究所：PM_{2.5}（微小粒子状物質）について
<https://www.fihes.pref.fukuoka.jp/~taiki/PM/PM.html> (2024年3月閲覧)
- 2) 環境省水・大気環境局環境管理課：有害大気汚染物質測定方法マニュアル
- 3) 環境省：大気汚染に係る環境基準
<https://www.env.go.jp/kijun/taiki.html> (2024年3月閲覧)
- 4) 環境省水・大気環境局環境管理課：大気中微小粒子状物質（PM_{2.5}）成分測定マニュアル
- 5) NOAA Air Resources Laboratory; HYSPLIT Trajectory Model
<https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php> (2024年3月閲覧)
- 6) 環境省：黄砂実態解明調査中間報告書 平成19年3月

調整池下流河川のCOD上昇事例について

浦西洋輔・平城均・平山可奈子・北岡洋平・田原俊一郎

A Case Study of Elevated COD in the Downstream of Regulating Reservoirs in Nara Prefecture

URANISHI Yosuke・HEIJO Hitoshi・HIRAYAMA Kanako・KITAOKA Yohei and TAHARA Syunichiro

緒 言

当センターでは水質汚濁防止法に基づく常時監視や廃棄物処理法に基づく廃棄物処理施設関係の水質検査の他、景観・環境総合センター手数料条例に基づき一般住民や市町村、県その他機関等から依頼を受け水質検査を行っている。今般、依頼者から「水質検査を依頼している河川のCODが近年上昇しているように見受けられる。専門家として意見頂けないか」という問合せがあった。通常、当センターでは検査結果に対するコメントは行っていないが、これまで依頼を受けた16年間分のデータを整理・解析し若干の知見が得られたので報告する。

方 法

1. 解析地点

採水地点を図1に示す。採水地点はみつえ高原牧場の下流であり、1号洪水調整池下流河川と2号洪水調整池下流河川の合流地点（以下、1,2号調整池下流）及び3号洪水調整池下流河川と4号洪水調整池下流河川の合流地点



図1 採水地点

(Map data : Google Map, 画像©2023 CNES/Airbus, Maxar Technologies, planet.com, 地図データ©2023)

（以下、3,4号調整池下流）であった。なお、本洪水調整池に流れ込む水は雨水・山水・人用浄化槽排水等であり、牧場由来の糞尿等の排水はバキュームカーで汲み取り堆肥化等の処理をしているため調整池には流れこんでいない。

2. 使用データ

解析には、依頼者が調査を始めた平成20年から令和5年8月までの16年間分の測定結果を使用した。採水は毎年実施しており、令和2年度までは春（5月頃）と秋（9月頃）の年2回、令和3年度からは年4回（5月、9月、11月、2月）実施している。

3. 解析項目

分析依頼項目は、pH、DO、COD、BOD、SS、全窒素、全リン、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、大腸菌群数（令和4年度からは大腸菌数）、糞便性大腸菌群数であった。その中から、pH、DO、COD、BOD、全窒素、全リンを解析項目として用いた。

4. 解析方法

河川水質の経年変化に関しては、解析期間を説明変数とし、水質の値を被説明変数とする単回帰分析を行った。回帰直線の傾きから、正負（河川水質の上昇または下降）を判定（ピアソン相関）し、有意検定の結果P値が0.05以下であれば有意差ありと評価した（Mann-WhitneyのU検定、有意確率0.05未満）。

結 果

各検査項目別の結果推移を図2に示す。CODにおいては、1,2号調整池下流では有意な濃度上昇傾向は見られなかったが、3,4号調整池下流では有意な濃度上昇傾向が見られた。一方でBODでは有意な変動は見られず、回帰直線の傾きもほぼ0か負の値であった。また、全リンにおいては1,2号調整池下流及び3,4号調整池下流の両方において有意な濃度上昇傾向が見られたが、全窒素においては有意な変動は見られなかった。pH、DOに関し



図2 調整池下流河川における長期水質変遷

ても有意な変動は見られなかった。

考 察

長期解析の結果、BOD は変動が無く、COD は有意な濃度上昇傾向が見られた。同様の傾向は琵琶湖や霞ヶ浦、印旛沼、十和田湖、八郎湖等の湖沼でも報告されており¹⁾、難分解性有機物が原因ではないかと考察されている。BOD と COD はともに有機物量を示す指標であるが、BOD は好気的微生物が 5 日間で有機物を分解する際に消費する酸素量であり、COD は酸化剤によって有機物が酸化される際に消費する酸素量を示すという違いがある。したがって、BOD と COD の傾向が乖離してきた原因として、微生物では分解されにくい有機物、いわゆる難分

解性有機物の増加が指摘されている²⁾。また、一般的に C:N 比の大きな有機物は微生物による分解を受けにくいとされている³⁾。本報告における長期解析では全窒素の有意な濃度上昇は見られず、C:N 比が上昇していることから、難分解性有機物が水質調査地点で増加していると考えられた。佐藤ら²⁾は琵琶湖における難分解性有機物濃度の増加原因について、①陸域由来説、②内部生産由来説、③汚濁機構変化説に分けて考察を行っており、主に②の内部生産由来が原因で増加してきた可能性が高いと述べている。湖沼は閉鎖性の水域で水が滞留するため、流入した汚濁物質が蓄積しやすい。そのため、微生物では分解・代謝されないような難分解性の有機物が調整池

内に残存し、下流河川の COD 濃度が上昇したのではないかと考えられた。

また、全リンについても有意な濃度上昇傾向が見られたが、同様の傾向は霞ヶ浦でも報告されている⁴⁾。霞ヶ浦では流入河川的全リン濃度は低下傾向にも関わらず、湖内の全リン濃度が低下していない。この原因として霞ヶ浦環境科学センターは、湖底にたまった泥の中からリンが溶出するためと考えており、湖底の DO 濃度が低くなった際にリンが底泥から溶出すると述べている。本報告における長期解析においては DO の有意な濃度低下は見られなかったが、R1 年度頃から DO の濃度変動が大きくなっている (H20～H30 の CV : 5.5～6.6%, R1～R5 : 16%) ため、DO 低下の際にリンが底泥から溶出していると推察された。このようなリン濃度上昇から、調整池内に底泥が蓄積していると推察された。

依頼者の水質検査の目的は、敷地外に流出する河川水質をモニタリングすることであるため、調整池に流入する河川水質は調査していない。近年、人工林の管理不足による間伐遅れによって、汚濁物質の増加や河川水量減少等といった下流域の水環境悪化が問題となっている⁵⁾。みつえ高原牧場敷地周囲にも管理しきれていない人工林が見られたため、調整池に流入する河川水質が悪化している可能性も考えられた。しかしながら、間伐遅れによる水質悪化は全窒素も含めて濃度上昇が見られるが⁵⁾、本報告における長期解析においては全窒素の有意な濃度上昇は見られなかった。また、施設構造上牧場由来の排水は調整池に流れ込まないが、仮にこれらが流れ込んだとしても、同様に全窒素が上昇すると考えられる。これらのことから、調整池下流河川における COD 上昇要因として、流入水質が悪化しているとは考えにくい。

以上の解析から、調整池下流河川において近年 COD が上昇している要因は調整池内に蓄積した底泥中の難分解性有機物ではないかと考えられた。実際、調整池の現

況を確認したところ、図 3 に示すように茶色に濁っており、底泥が堆積していることが見て取れる。本洪水調整池は、みつえ高原牧場が平成 13 年に建設された際に全て同時に建設されたものであり、100 年は浚渫しなくても問題無いよう設計されている。堆積した底泥は、調整池の機能としては問題無いレベルであるが、水質に影響を及ぼした可能性があるため、今後も引き続きモニタリングを続け、影響を注視していくことが重要と考える。

付 記

本稿を執筆するにあたり、奈良県畜産技術センターよりデータ利用許可を得て実施したことを付記する。

参考文献

- 1) 岡本高弘, 佐藤祐一, 早川和秀, 他 : 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター試験研究報告書, 7, 87-102 (2011)
- 2) 佐藤祐一, 岡本高弘, 早川和秀, 他 : 水環境学会誌, 39(1), 17-28 (2016)
- 3) 鈴木 元治, 栢原 博幸, 大島 詔, 他 : 全国環境研会誌, 46(3), 115-122 (2021)
- 4) 茨城県霞ヶ浦環境科学センター : 霞ヶ浦湖内水質等モニタリング事業 (平成 17 年度～平成 26 年度) (公共用水域水質調査結果の解析)
https://www.pref.ibaraki.jp/soshiki/seikatsukankyo/kasumigaurae/sc/04_kenkyu/shoukai/10th/documents/kankyoku_10th_01.pdf
(2023 年 10 月 31 日閲覧)
- 5) 武田育郎 : 水利科学, 46(2), 1-22 (2002)
- 6) 武田育郎 : 水利科学, 46(3), 47-71 (2002)
- 7) 武田育郎 : 水利科学, 46(4), 63-84 (2002)



図 3 調整池 (2023 年 10 月時点)

第3章 調査研究・報告

第3節 資 料

奈良県における大気粉じん中の六価クロム測定法の検討

上林 政貴・杉本 恭利

Study of Hexavalent Chromium Measurement Method in Atmospheric Dust in Nara Prefecture

KAMBAYASHI Masaki and SUGIMOTO Kiyotoshi

緒 言

都道府県等は、「大気汚染防止法第 22 条の規定に基づく大気の大気汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準について」¹⁾に基づき、健康リスクがある程度高いと考えられリスト化された優先取組物質（23 物質）の常時監視を行っている。クロムは、「六価クロム化合物」及び「クロム及び三価クロム化合物」が指定されているが、これまで「六価クロム化合物」の測定法が定まっていなかったことから、当面は「クロム及びその化合物」として測定する事となっている。

このような状況を脱却すべく環境省は、平成 23・24 年度、平成 28～30 年度、令和 3・4 年度に検討会を実施し、平成 30 年 3 月に暫定版のマニュアルを通知、平成 31 年 4 月、令和 5 年 5 月にマニュアル（改訂版）の通知を行ってきた。

今回、令和 5 年 5 月に通知されたマニュアル²⁾に従い、夏季及び冬季に測定を実施した。また、室内実験にて、六価クロム測定時の温度による影響を検討したのでその結果を記す。

方 法

1. 夏季及び冬季における実試料の測定

夏季（7 月、8 月）及び冬季（12 月、1 月、2 月）に天理局においてサンプリングを実施し、R5. 5 月通知のマニュアルに従い、IC-ICP/MS 法³⁾にて測定を実施した。

2. ブランク値の温度による影響について

ブランク値の温度による影響を確認するため、ブランクろ紙を-20℃（冷凍庫）、5℃（冷蔵庫）、20℃（室温）及び 40℃（乾燥器）内にて 24 時間静置したものを前処理した後、IC-ICP/MS 法にて測定した。また、標準添加したブランクろ紙（抽出時の濃度で 0.1 µg/L 添加、1.0 µg/L 添加）も併せて静置し測定を行った。なお、標準添加したブランクろ紙は、ろ紙上に 10 µg/L の標準液を 100 µL、100 µg/L の標準液を 100 µL 添加し、

窒素雰囲気下のデシケータ内で乾燥し作成した。

結果および考察

1. 夏季及び冬季における実試料の測定

夏季及び冬季の測定結果は、表の通りであった。クロム化合物は熱、紫外線等により容易に価数変化する特性があるため、季節により測定値に差が見られるか検証した。

夏季（7 月、8 月）、冬季（12 月、1 月、2 月）とも二重測定結果は 30%以内で良好な結果であったが、夏季の方が差が大きい結果となった。トラベルブランク値も 8 月の 0.020 ng/m³が最大でいずれも良好な結果ではあったが、夏季の方がやや高く見える結果となった。ただし、有意差があるかどうかは、今後試料の数を増やした上で検証する必要がある。定量下限値はいずれも目標定量下限値 0.08 ng/m³は満たしているが、季節による傾向は見えなかった。このことから、採取時の温度影響よりも、アルカリ含浸ろ紙作成時および試験操作時のばらつきの影響を受けやすい可能性が示唆された。

表 六価クロムの測定結果（天理局）

		(ng/m ³)				
		測定値	平均値	二重測定 (%)	トラベルブランク値 (n=5)	定量下限値
夏 季	7月	0.10	0.11	21	0.014	0.021
		0.12				
	8月	0.050	0.053	15	0.020	0.062
		0.057				
冬 季	12月	0.050	0.047	13	0.007	0.019
		0.044				
	1月	0.031	0.031	3	0.013	0.054
		0.032				
	2月	0.047	0.047	2	0.013	0.072
		0.046				

2. ブランク値の温度による影響の確認（室内実験）

測定結果を図に示した。添加なし、0.1 µg/L 添加において、六価クロム濃度は 20℃まではほぼ横ばいで、40℃ではどちらも増加した。しかし、1.0 µg/L 添加した

ものは、40℃にて濃度の低下がみられた。これは、ろ紙中の三価クロムと添加した六価クロムの濃度差により、温度変化による六価クロムの増減が変化することが示唆されたものと考えられる。マニュアルによると、高温条件では過大評価が、還元性の粒子の共存下では過小評価が現れるとあるが、今回の実験では、実際には捕集はしていないことから共存粒子による過小評価は考えられない。今後、実験を繰り返し、検証していきたいと考えている。

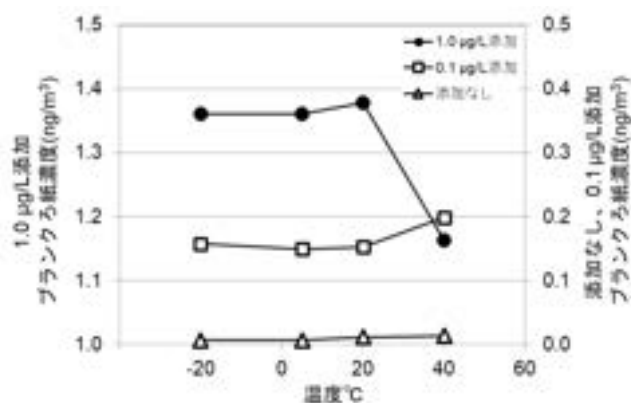


図 標準添加試験（温度変化による影響）

まとめ

夏季および冬季の実サンプルの測定を行った。いずれも、良好な精度で測定を行うことができたが、マニュアルにあるとおり、夏季の気温が高いときは注意を要することが確認出来た。ブランクろ紙に標準添加したものを、各温度で静置した後測定する事で、その影響を確認した。概ねマニュアルにあるとおり温度の影響が大きくなるほど過大評価となったが、1.0 µg/L 添加 40℃の条件のものだけ、過小評価となった。今後実験を継続し検証していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 環境省：大気汚染防止法第 22 条の規定に基づく大気の汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準（平成 13 年 5 月 21 日環管大第 177 号，環管自第 75 号）
- 2) 環境省：有害大気汚染物質等測定方法マニュアル（令和 5 年 5 月改訂）
- 3) 杉本 恭利，吉田 実希，山本 真緒，他：奈良県景観・環境総合センター研究報告，7，27-30 (2019)

奈良県における環境放射能調査 (令和5年4月～令和6年3月)

村上友規・志村優介・久保友佳子・吉田実希・上林政貴・杉本恭利

Environmental Radioactivity Survey Data in Nara Prefecture
(Apr.2023-Mar.2024)

MURAKAMI Yuki ・ SHIMURA Yusuke ・ KUBO Yukako ・ YOSHIDA Miki ・ KAMBAYASHI Masaki
and SUGIMITO Kiyotoshi

緒 言

平成元年度から科学技術庁（平成13年1月からは文部科学省，平成25年4月からは原子力規制委員会）委託環境放射能水準調査事業に参加し，環境試料より放射能測定を継続実施している．令和5年度に実施した環境放射能水準調査結果について取りまとめたのでその概要を報告する．

方 法

1. 調査対象

定時降水中の全 β 放射能，大気浮遊じん・降下物・土壌・陸水・原乳・精米・野菜類・茶葉の γ 線核種分析及び環境中の空間放射線量率を調査対象とした．なお，この水準調査の環境試料採取にあたり，農業研究開発センター，大和茶研究センター及び大和野菜研究センターに協力を依頼した．

2. 測定方法

環境試料の採取，前処理， γ 線核種分析，全 β 放射能測定及び空間放射線量率測定は，原子力規制委員会の「環境放射能水準調査委託実施計画書」（令和5年度）「全 β 放射能測定法」，「Ge半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」¹⁾²⁾等に準拠し実施した．

3. 測定装置

全 β 放射能測定は β 線自動測定装置（アロカ製 JDC6221型）， γ 線核種分析はGe半導体検出器（セイコーEG&G製GEM25-70型），空間放射線量率測定はモニタリングポスト（アロカ製 MAR-22型）によりそれぞれの測定を行った．

結果及び考察

1. 全 β 放射能調査（降雨ごと）

表1に定時降水試料中の全 β 放射能調査結果を示した．106 検体の測定を行い，検出濃度及び月間降下量についてN.D.であった．これらの結果は本県の例年のデータと比較しても大差のない数値であった．

2. γ 線核種分析調査

表2に γ 線核種分析結果を示した．本年は土壌の表層，下層からそれぞれ4.2 Bq/kg 乾土，4.6 Bq/kg 乾土の ^{137}Cs が検出されたが，これらの値は福島第一原発事故以前の測定結果³⁾と比較しても大差がなく，例年と同程度の数値であると考ええる．

3. 空間放射線量率調査（連続測定）

表3に各月におけるモニタリングポストによる空間放射線量率調査結果を示した．測定結果は，58～90 nGy/h の範囲にあり，平均値は62 nGy/h で昨年と同程度であった．

まとめ

今年度の測定については，いずれの試料も福島原発事故以前の通年と同様の結果であった．災害や事故等による緊急時に備えるため，今後も環境放射能の動態について監視を継続する必要がある．

参考文献

- 1) 原子力規制庁監視情報課放射線環境対策室：環境放射能水準調査委託実施計画書（令和5年度）
- 2) 文部科学省編「放射能測定法シリーズ」昭和51年～平成31年改訂版
- 3) 文部科学省：第53回環境放射能調査研究成果論文抄録集（平成22年度）

表 1 令和 5 年度定時降水試料中の全 β 線放射能調査結果

採取月	降水量 (mm)	降水の定時採取 (定時降水)			
		放射能濃度(Bq/L)			月 間 降下量 (MBq/Km ²)
		測定 数	最低 値	最高 値	
4月	107.5	9	N.D.	N.D.	N.D.
5月	175.0	10	N.D.	N.D.	N.D.
6月	260.0	12	N.D.	N.D.	N.D.
7月	66.0	5	N.D.	N.D.	N.D.
8月	114.0	14	N.D.	N.D.	N.D.
9月	99.0	8	N.D.	N.D.	N.D.
10月	69.5	4	N.D.	N.D.	N.D.
11月	104.0	8	N.D.	N.D.	N.D.
12月	34.0	8	N.D.	N.D.	N.D.
1月	23.0	8	N.D.	N.D.	N.D.
2月	88.0	10	N.D.	N.D.	N.D.
3月	202.0	10	N.D.	N.D.	N.D.
年間値	1342.0	106	N.D.	N.D.	N.D.

備考

- 1) 採取場所：奈良県保健研究センター屋上
 2) N.D.:「検出されず」を示す。

表 3 令和 5 年度空間放射線量率調査結果

調査月	モニタリングポスト (nGy/h)		
	最低 値	最高 値	平均 値
4月	60	80	62
5月	59	76	62
6月	59	70	61
7月	59	72	61
8月	59	70	61
9月	58	77	61
10月	59	77	61
11月	60	90	62
12月	60	73	62
1月	60	79	62
2月	59	76	61
3月	59	86	62
年間値	58	90	62
前年度までの 過去 3 年間の値	59	92	62

備考

- 1) 採取場所：奈良土木事務所

表 2 令和 5 年度 γ 線核種分析調査結果 (¹³⁷Cs の値)

試料名		採取地	本年度	過去 3 年間	単 位
大気浮遊じん		桜井市	N.D.	N.D.	mBq/m ³
降下物		桜井市	N.D.	N.D.	MBq/km ²
陸水 (蛇口水)		桜井市	N.D.	N.D.	mBq/L
土 壌	表 層	桜井市	4.2	4.2～5.3	Bq/kg乾土
	下 層	桜井市	4.6	3.2～4.7	
精 米		桜井市	N.D.	N.D.	Bq/kg精米
野 菜		宇陀市	N.D.	N.D.	Bq/kg生
茶 葉		奈良市	N.D.～0.24	N.D.～0.44	Bq/kg乾物
原 乳		宇陀市	N.D.	N.D.	Bq/L

備考

- 1) N.D.:「検出されず」を示す

WET法によるだるま橋の生物影響評価について

平井佐紀子・田原俊一郎

Bioassay in Daruma Bridge Using Whole Effluent Toxicity (WET) Tests

HIRAI Sakiko・TAHARA Syunichiro

緒 言

農薬を使用する時期の6月、7月の大和川水系の環境基準点であるだるま橋にて採取したサンプル水を用いてWET手法による生物影響評価を行った。農薬に感受性のあるニセネコゼミジンの繁殖に及ぼす影響を確認したので報告する。

方 法

1. 試料

令和5年6月15日と7月4日にだるま橋で採取したサンプル水の2検体を用いた。

2. 試験方法

各試料を0%（対照区）と5濃度区（5%，10%，20%，40%，80%）に調整し、ニセネコゼミジンをを用いる繁殖試験法^{1,2)}を実施した。試験条件は表1に示すとおりである。

ミジンコ繁殖試験では、生後24時間以内のミジンコを試料を含む飼育水に7日間ばく露し、死亡数及び生まれた仔虫の数を調べ、対照区と比較することによりミジンコの繁殖に対する慢性毒性を評価した。

3. 飼育水について

飼育に使用する水は水道水を三菱レイヨン・クリンスイ（株）製の蛇口直結型浄水器（CSPシリーズ）のHGC9SWカートリッジを通した水にコントレックス（硬度1475）を5%加えて硬度76に調整して飼育水とした。飼育水は調整したのち24時間以上エアレーションを行ったものを使用した。

4. データ解析方法

データの解析は、環境毒性学会のサイトにて配布されている解析ソフトECOTOX³⁾を使用した。

この解析ソフトで有意差検定を行い対照区との有意差が認められた濃度区の最低濃度区をLOEC（最低

影響濃度）とし、LOECの一つ下の濃度区をNOEC（最大無作用濃度）とした。

5. 結果及び考察

河川水の結果を図1と図2に示す。

6月に採取したサンプル水も7月に採取したサンプル水もすべての濃度区で有意差なしでNOECは80%以上でニセネコゼミジンコに対する繁殖毒性は認められなかった。

まとめ

だるま橋の6月採取したサンプル水も7月採取したサンプル水も有意差が認められずNOECは80%以上となりどちらのサンプル水でも影響は認められなかった。どちらのサンプル水も水質検査項目で金属とイオン成分、農薬の分析で有害成分は認められなかった。

今回の結果では現時点で農薬の影響は認められなかった。すべての化学物質や農薬を測定測定するには限界があり化学物質同士の反応についてはわからないことが多いがWET法を用いることで河川水などの公共水域についても毒性を評価できると考えられる。

参考文献

- 1) 長谷川絵里:ニセネコゼミジンコを使用したミジンコ繁殖試験方法, 名古屋市環境科学調査センター年報, 1, 81-83 (2012)
- 2) 排水（環境水）管理のバイオアッセイ技術検討部会：生物応答を用いた排水試験法（検討案）(2014)
- 3) 日本環境毒性学会 HP:
<https://www.intio.or.jp/jset/ecotox.htm>

表1 試験条件

項目	方法と条件
生物種	ニセネコゼミジンコ
試験媒体	飼育水
試験方法	半止水式
試験液量	15 ml／容器
試験期間	7～8日
試験濃度	公比2、5濃度区
生物数	10匹／濃度区
試験温度	25±1 °C
照明	16時間明／8時間暗
給餌	クロレラ、YCT

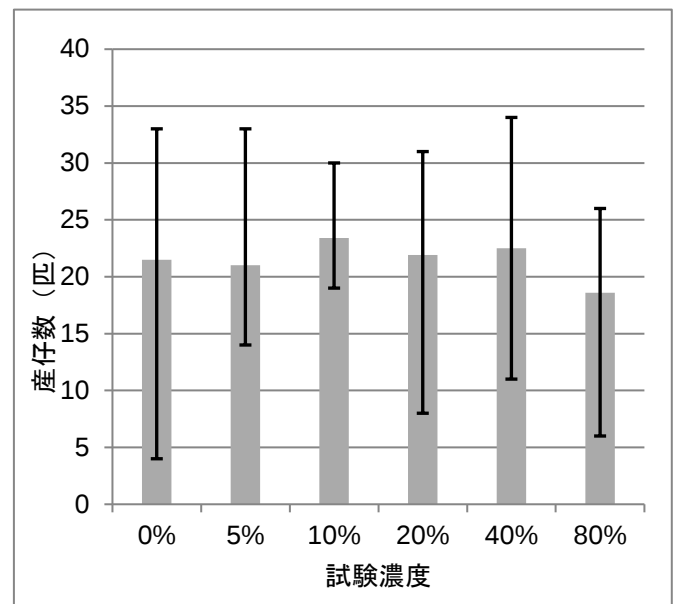


図2 だるま橋 7月4日採水
有意差無し NOECは80%以上

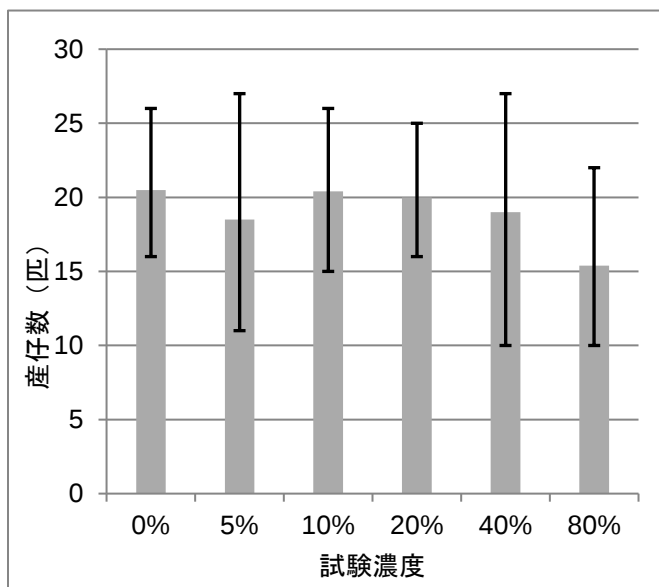


図1 だるま橋 6月14日採水
有意差無し NOECは80%以上

第3章 調査研究・報告

第4節 他誌掲載論文の抄録

大和川水系竜田川における河川緑色事案の原因究明について

浦西洋輔，高林泰斗・北岡洋平・平山可奈子・田原俊一郎

全国環境研会誌, **49(1)**, 33-36, 2024

当センターでは異常水質発生時，指導部門が現場確認，原因調査を行い，必要に応じて検査部門が原因物質の特定に努めている．今回，奈良県大和川水系竜田川において河川が鮮やかな緑色に染まるという事案が発生し，原因物質の特定を依頼された．搬入された試料の物性や先行事例等から原因物質をフルオレセインナトリウムと推定し，紫外線照射や HPLC-PDA，LC-MS/MS を用いて同定試験を実施した．結果，緑色河川水中から発色剤であるフルオレセインナトリウムを同定できた．本事案は朝 5 時頃に通行人からの通報で発覚し，同日 12 時過ぎに検査部門へ試料が搬入され，同日 15 時頃に検査結果を本庁所管課に報告するという，迅速に原因物質を究明した案件であった．

大和川水系上流域における生活由来化学物質（PPCPs）の環境実態調査（第 2 報）

浦西洋輔，浦西克維，辻本真弓，田原俊一郎

環境化学, **34**, 30-37, 2024

県下水処理施設において，17 種の生活由来化学物質（PPCPs）の実態調査を行った．本調査では，既報の河川水調査日と同日に採水した下水試料を用いて，下水処理施設と隣接する河川との関連性を正確に評価し，PPCPs 環境動態の把握に貢献することを目的とした．結果，今回調査した PPCPs のうち，下水処理施設における除去率が冬期夏期共に 50%を超えていた物質はトリメトプリム，バルサルタン，ディートのみであり，他の調査物質はほとんど処理されずに環境中へと流出していた．また，同一地域に存在する大規模下水処理施設において処理方法が同じであれば，比較的高い除去率を示した PPCPs については除去率も同程度であることが判明した．流入水について季節間・施設間で先行研究の結果と比較すると，国内都市間においても薬剤流入濃度に季節性の差異が見られ，同一流域内の施設間でも地域特異性が確認された．以上から，地域毎に薬剤排出実態を把握する必要がある．さらに，放流水と河川水の PPCPs 濃度を比較したところ，バルサルタンとディートのみ河川水濃度が放流水中濃度を上回って検出されたことから，下水処理施設放流水以外にも主要な PPCPs 排出源が存在している実態が明らかとなった．

第3章 調査研究・報告

第5節 報告書の要旨

令和4年度化学物質環境実態調査

分析法開発調査結果報告書

浦西 洋輔

化学物質と環境, 183-214(2024)

環境水中に含まれるシプロフロキサシンの分析法を開発した。その結果、固相カートリッジは Oasis HLB Plus, 溶出溶媒は 0.2%ギ酸含有メタノール 10 mL, 最終検液量は 10 mL (10 倍濃縮), 装置注入量 1 μ L が本分析法における最適条件であると判明した。本法におけるシプロフロキサシンの MDL は 0.00096 μ g/L, MQL は 0.0024 μ g/L であった。シプロフロキサシンはガラスや金属に吸着するため、器具はポリプロピレン製を使用する必要があるため、また光分解性があるため、保存する場合は遮光する必要があった。

第3章 調査研究・報告

第6節 研究発表の抄録

(1) 外部研究発表抄録

有機トレーサーを用いた昼夜別観測報告 (SOA 及び VOC)

村上友規

令和5年6月12日 (大阪府) II型共同研究「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた
地域大気汚染対策提言の試み (VOC・PM_{2.5} 観測グループ)」会合

SOA 及び VOC の昼夜別観測を実施した結果、モノテルペン類由来の SOA (MBTCA) は昼間に高濃度を示し、夜間に低濃度になった。さらに、昼間に O_x との正の相関関係が確認されたことから二次生成による影響が示唆された。また、人為起源の SOA (DHOPA) も同様に昼間に高濃度を示した。しかし、昼間の詳細な時間別挙動は不明な点が多く、今後は高時間分解による観測を実施し、詳細を明らかにすることが望まれる。

奈良県における PM_{2.5} 中の有機マーカー及び VOC の昼夜別観測

村上友規¹⁾, 上林政貴¹⁾, 久保友佳子¹⁾, 高林愛²⁾, 平松まみ³⁾, 西村理恵³⁾, 上田真久⁴⁾, 池盛文数⁴⁾,
茶谷聡⁵⁾, 菅田誠治⁵⁾

¹⁾ 奈良県景観・環境総合センター, ²⁾ 奈良県水道局広域水道センター,

³⁾ 大阪府立環境農林水産総合研究所, ⁴⁾ 名古屋市環境科学調査センター, ⁵⁾ 国立環境研究所

令和5年9月13日～15日 (つくば市) 第64回 大気環境学会年会

奈良県における微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 濃度は経年で漸減傾向である一方で、主要成分である有機炭素 (OC) は近年横ばい傾向である。WHO は令和3年9月に PM_{2.5} の推奨値を年平均で 5 µg/m³ に引き下げており、今後の PM_{2.5} 対策を実施するにあたり OC の環境中の挙動解明が課題となる。OC のうち、二次生成粒子 (SOA) については、前駆物質である揮発性有機化合物 (VOC) の環境動態を含めた議論が必要になるが、本県においてそれらを同時観測した事例はない。そこで、奈良県における VOC 及び有機マーカー成分の昼夜別観測を実施し、季節別及び時間別の傾向について考察した。

顕微 FT-IR を用いた大気中マイクロプラスチック分析に係るサンプリング手法の検討

村上友規¹⁾，菊谷有希²⁾，浦西克維³⁾

¹⁾ 奈良県景観・環境総合センター，²⁾ 奈良県産業振興総合センター，³⁾ 北九州市立大学

令和 5 年 9 月 13 日～15 日（つくば市） 第 64 回 大気環境学会年会

奈良県では中尾らの方法*を参考に、大気中のマイクロプラスチック（以下、MPs）の分析体制整備を進めている。本県ではダストジャー内に雨水と共に約 1 ヶ月間捕集した捕集液中の MPs を分析対象としており、全捕集液のうち一部を分取・測定し、得られた結果から県内全体の MPs の存在実態の解明を行っている。これら一連の操作において、得られた結果が母集団全体の代表性を確保しているかという点については未検証であった。MPs 密度は $0.83\sim 2.1\text{ g/cm}^3$ と幅広く、例えば軽い MPs は上層に浮き上がるなど、捕集液中での濃度分布や挙動が異なるため、特に試料の分取操作が結果のバラつきに大きく影響すると推測される。そこで、本研究では密度の異なる MPs を用いた添加回収試験を実施し、分取時における均一性及び安定性の観点から、その方法について妥当性を評価した。

*中尾賢志，秋田耕佑，浅川大地，他：大阪湾圏域の海域 環境再生・創造に関する研究助成制度（令和 3 年度実施）成果発表会 講演集，5-8，（2022）

奈良県内大気中のホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの状況

久保友佳子，志村優介，吉田実希，村上友規，上林政貴，杉本恭利

令和 6 年 1 月 25 日（堺市） 第 38 回全国環境研協議会 東海・近畿・北陸支部研究会

ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドは有害大気汚染物質の中でも優先取組物質に該当しており、実態の把握と排出の抑制が求められている。今回、奈良県内大気中のホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの環境実態を把握するため、2008～2022 年度のモニタリングデータの解析を行ったので、その概要を報告する。

奈良県における有機トレーサーを用いた夏期高時間分解観測報告（SOA 及び VOC）

村上友規, 上林政貴

令和 6 年 2 月 28 日～29 日（つくば市） II 型共同研究「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み（VOC・PM_{2.5} 観測グループ）」全体会合

昼間に 2 時間ごとにサンプリングを行うことで、SOA と VOC の詳細な挙動について確認した。モノテルペン由来の SOA は朝から昼にかけて高濃度を示していた。また、南風が強い時間帯において前駆物質である α ピネンの濃度が高濃度になったことから、吉野杉針葉樹林体からの流入による可能性が推察された。また、イソプレン由来の SOA については、夏期に高濃度になる事が知られているが、こちらはイソプレン濃度上昇後に SOA 濃度も上昇していた。

SOA ポテンシャル法を用いた SOA 生成能の推計手法について

村上友規

令和 6 年 2 月 28 日～29 日（つくば市） II 型共同研究「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み（VOC・PM_{2.5} 観測グループ）」全体会合

SOA ポテンシャル法は PTM モデル（Photochemical Trajectory Model）を用いて算出された SOAP 係数（各種 VOC から生成される SOA 生成量を同質量のトルエンより生成される SOA 量で規格化した係数）を利用して、排出インベントリに乗じることで、大まかな SOA 生成能を推計する手法である。PRTR 結果に対して、当該手法による推計方法を用いて SOA 生成能を推計し、奈良県内の SOA の由来について考察した。

大和川水系における河川マイクロプラスチック汚染の実態調査

平山可奈子，浦西洋輔，田原俊一郎

令和 6 年 11 月 15 日～16 日（鳥取市） 第 50 回環境保全・公害防止研究発表会

海洋プラスチックごみは多くが陸域由来であり，主に河川を通じて流入していると考えられている．しかしながら，河川プラスチックごみの調査は海域での調査と比較すると不足しており，実態は解明されていない部分が多い．そこで本研究では，奈良県の人口密集地を流れる県内大和川水系最下流域において MPs 実態調査を行い，MPs の濃度変動や形状・材質といった現状を明らかにしたので報告する．

AIQS を用いた異常水質原因特定事例について

浦西洋輔

令和 6 年 1 月 16 日（つくば市） II 型共同研究

「災害時等における化学物質の網羅的簡易迅速測定法を活用した緊急調査プロトコルの開発」全体会合

当センターでは異常水質発生時，指導部門と連携して現場対応や原因究明等を行っている．今回，令和 5 年 9 月に発生した川西町魚類へい死事案について，AIQS-GC/MS を活用することで原因物質を特定することができ，河川及び魚類エラ試料から平成 22 年に農薬登録が失効したエンドスルファンを検出したので報告する．

奈良県における異常水質の原因特定事例について

浦西洋輔，高林泰斗，北岡洋平，平山可奈子，田原俊一郎

令和 6 年 1 月 25 日（堺市） 第 38 回全国環境研協議会 東海・近畿・北陸支部研究会

当センターでは異常水質発生時，指導部門と連携して現場対応や原因究明等を行っている．今回，異常水質の原因物質を特定するに至った事例として，令和 5 年 7 月に発生したフルオレセインナトリウムが原因と考えられる竜田川緑色事案及び同年 9 月に発生したエンドスルファンが原因と考えられる川西町魚類へい死事案について報告する．

シプロフロキサシン分析法開発

浦西洋輔

令和 6 年 1 月 29 日（東京都） 令和 5 年度化学物質環境実態調査 環境科学セミナー

シプロフロキサシンは抗菌薬として使用される医薬品であり，様々な感染症の治療に用いられる．今回，環境水中のシプロフロキサシン分析法を開発した．結果，本分析法によるシプロフロキサシンの MDL は 0.00096、MQL は 0.0024 $\mu\text{g/L}$ であり，シプロフロキサシン塩酸塩を河川水及び海水にそれぞれ 0.0003 及び 0.001 μg 添加した際の回収率はそれぞれ 96.1%及び 92.1%，変動係数は 8.6%及び 4.7%，サロゲートの回収率は 92.4～95.7%及び 91.3～95.3%であった．

大和川流域におけるマイクロプラスチックの環境実態調査

平山可奈子

令和 6 年 2 月 20 日 II型共同研究

「河川プラスチックごみの排出実態把握と排出抑制対策に資する研究」最終成果報告会

奈良県の人口密集地を流れる県内大和川水系最下流域と、河川MPs発生源の一つとされる下水処理施設放流水を対象にMPs実態調査を実施した。結果、MPsの濃度変動や形状・材質といった現状を明らかとしたほか、下水処理施設が与える影響についても判明したので報告する。

奈良県における異常水質の原因特定事例について

浦西洋輔，高林泰斗，北岡洋平，平山可奈子，田原俊一郎

令和 6 年 3 月 6 日（福岡市）第 58 回日本水環境学会年会

当センターでは異常水質発生時、指導部門と連携して現場対応や原因究明等を行っている。今回、異常水質の原因物質を特定するに至った事例として、令和 5 年 7 月に発生したフルオレセインナトリウムが原因と考えられる竜田川緑色事案及び同年 9 月に発生したエンドスルファンが原因と考えられる川西町魚類へい死事案について報告する。

(2) 景観・環境総合センター所内研究発表会要旨

①令和5年6月23日 開催

微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 中の有機マーカの季節別・時間別挙動について

村上友規

PM_{2.5}濃度は経年では漸減傾向であるが、主要成分である有機炭素 (OC) は近年横ばい傾向であり、PM_{2.5}対策を進めるには OC の環境動態の解明が課題となる。先行研究より、OC については様々な発生源に対応した指標成分である有機マーカが特定されている。有機マーカは地域及び季節ごとに成分組成が大きく異なるため、それらの特徴を把握することが必要となる。そこで、奈良県における有機マーカの季節別・時間別の挙動を確認した。

大和川水系岡崎川の水質改善に関する検討について

北岡洋平

大和川水系の水質については、大和川本川の BOD 値が環境基準を満たすところまで改善されてきているが、未だ水質改善が進んでいない河川 (支川) が存在している。今回、同水系の支川である岡崎川に着目して、岡崎川本川及び流入する水路について、水質調査を行った。その結果、令和4年度の調査で水質悪化の原因となっている水路を特定し、今後の水質改善の可能性について検討した。

②令和 6 年 2 月 22 日 開催

奈良県における大気粉じん中の多元素測定と解析

志村優介

大気中の粒子状物質に含まれる無機成分の測定データは排出源や越境汚染の影響の推定に有用である。分級していない大気粉じんは優先取組物質 5 元素の測定を行っているが、排出源の推定等の目的には多元素の測定が必要となる。そこで、従来用いていた石英製フィルターに代わり不純物がより少ない PTFE 製フィルターを用いることで今まで測定していなかった項目が測定可能か検証し、測定結果を PM_{2.5} のものと併せて解析を行ったので報告する。

異常水質原因物質特定事例について

浦西洋輔

当センターでは異常水質発生時、指導部門と連携して現場対応や原因究明等を行っている。今回、異常水質の原因物質を特定するに至った事例として、令和 5 年 7 月に発生したフルオレセインナトリウムが原因と考えられる竜田川緑色事案及び同 9 月に発生したエンドスルファンが原因と考えられる川西町魚類へい死事案について報告する。

(3) 共同発表業績

※当研究所職員は下線で示した。

1. 人為・植物起源の VOC と PM_{2.5} 中 SOA トレーサーの昼夜観測

第 40 回エアロゾル科学・技術研究討論会，群馬県桐生市開催（令和 5 年 8 月 31 日～9 月 1 日）

池盛文数・上田真久・西村理恵・平松まみ・村上友規・高林愛・佐藤圭・茶谷聡・菅田誠治

※現所属：高林愛（奈良県水道局広域水道センター）

2. 人為起源 VOC と PM_{2.5} 中ニトロ芳香族炭化水素類の昼夜観測

第 64 回大気環境学会年会，茨城県つくば市開催（令和 5 年 9 月 13 日～9 月 15 日）

池盛文数・上田真久・西村理恵・平松まみ・村上友規・高林愛・佐藤圭・茶谷聡・菅田誠治

※現所属：高林愛（奈良県水道局広域水道センター）

3. 大阪府における光化学オキシダントとの関連に着目した VOC の昼夜観測 -奈良県との比較

第 64 回大気環境学会年会，茨城県つくば市開催（令和 5 年 9 月 13 日～9 月 15 日）

西村理恵・平松まみ・村上友規・高林愛・茶谷聡・菅田誠治

※現所属：高林愛（奈良県水道局広域水道センター）

奈良県景観・環境総合センター研究報告投稿規定

1. 奈良県景観・環境総合センター研究報告は、本センターにおいて行った研究・調査の業績を掲載する。
2. 投稿者は、本センター職員とする。ただし、共同研究者はこの制限を受けない。
3. 原稿の種類と内容

(1) 研究報告

調査研究などで新知見を含むまとめたものは、研究報告として投稿できる。研究報告は、基本、表題 (和文、欧文)、著者名 (和文、欧文)、要旨 (200 字程度)、緒言、方法、結果、考察、文献および図表で構成されるものとする。ただし、上記構成に限らず、結果および考察等、上記に相応する内容が含まれている投稿であれば差し支えない。

(2) 研究ノート

調査研究などでまとめておく必要のあるものは、研究ノートとして投稿できる。研究ノートは、表題 (和文、欧文)、著者名 (和文、欧文)、緒言、方法、結果、考察、文献および図表で構成されるものとする。ただし、上記構成に限らず、結果および考察等、上記に相応する内容が含まれている投稿であれば差し支えない。

(3) 資料

測定技術や調査結果などの知見でまとめておく必要のあるものは、資料として投稿できる。記述の順は、表題 (和文、欧文)、著者名 (和文、欧文)、本文とする。本文には緒言、方法、結果、考察に相当する内容を含め、体裁にとらわれず自由に記述することができる。資料の長さは刷り上り 2 ページを超えない。

(4) 他誌掲載論文の要旨

他誌に掲載した論文の内容を紹介する。記述の順は、表題、著者名、掲載誌名、要旨 (欧文も可) とする。

(5) 報告書の要旨

本センター職員が携わった研究・調査の業績のうち、他機関等で発行された報告書に掲載された内容を紹介する。記述の順は、表題、著者名、掲載報告書、要旨 (欧文も可) とする。

(6) 研究発表の抄録

内部および外部で開催された学会 (研究会を含む) に発表した内容を紹介する。記述の順は、表題、発表者名、学会名 (研究会名)、抄録 (欧文も可) とする。抄録の内容は 400 字以内 (欧文は 10 行以内) にまとめる。また、共同発表実績についても紹介し、表題、学会名、発表者を表記する。

4. 原稿作成要領

(1) 執筆要領

- 1) 本文は日本語を用いる。日本語 (漢字・ひらがな・カタカナ) は MS 明朝 (全角)、数字・アルファベットは Times New Roman (半角) を用いる。フォントサイズは 10 ポイントとする。
- 2) すべての原稿はワープロソフトで作成し、句読点は「、」「。」「」(全角)とする。
- 3) 原稿は A4 版用紙を使用する。表題 (和文、欧文)、著者名 (和文、欧文)、要旨は、1 行 46 文字、緒言以下は、1 行 24 文字、1 頁 46 行の 2 段組とする。
- 4) 見出しおよび小見出しは MS ゴシック体および Arial を用いる。細分見出しには、MS 明朝および Times New Roman を用いる。基本的に、頭出しの数字、括弧、ドット等は半角を用いる。見出しには「1. , 2. , ...」を、小見出しには「1), 2), ...」を、さらなる細文見出しには「(1), (2)...」「①, ②...」「i) , ii) ...」等の番号をつける。
- 5) 単位・表記は国際単位系 (SI) を基本とし、数字と単位の間は半角スペースを挿入する。

(2) 表題、著者名、所属機関名

- 1) 表題の和文は MS ゴシック体とし、欧文は冠詞、前置詞・副詞、接続詞以外の単語は第 1 字目を大文字にする。フォントサイズは表題のみ 12 ポイントとする。
- 2) 著者名の欧文は、姓・名の順とする。姓はすべて大文字とし、名は最初の 1 文字のみを大文

字とする。

- 3) 本センター職員以外の著者名については、その右肩に「*、**」の記号をつけ、それぞれの所属機関名をその頁の最下段に脚注として記載する。

(3) 図・表および写真

- 1) 図・表および写真は、カラーでの投稿も可とするが、印刷版（白黒）の視認性に配慮し、カラーで投稿する場合、図・表の配色を工夫する。
- 2) 図・写真では下にタイトルと説明を、表では上にタイトル、下に説明を記載する。
- 3) 図は掲載サイズで、印刷時に鮮明となるよう作成する。
- 4) 図・表および写真は、線の太さ、文字の大きさなどを考慮し、本文中に挿入しておく。
- 5) 表の文字は基本的に MS 明朝体と Times New Roman、グラフ中の文字は MS ゴシック体と Arial、図表タイトルの文字は MS ゴシックと Arial を用いる。

(4) 脚注および引用文献

- 1) 脚注は「*」を用い、欄外に入れる。
- 2) 引用文献は¹⁾、^{1,2)}、¹⁻³⁾のように右肩に示し、最後に一括して番号順に列記する。
- 3) 文献は下記のように著者名（3 名まで）、雑誌名、巻、ページ、年号（西暦）の順に記載し、巻数は Arial、欧文雑誌名はイタリック体とする。以下に例を示す。
 - 1) Sano,T.,Takagi,H.,Nagano,K.,et al:*Anal Bioanal Chem*, 399, 2511-2516 (2011)
 - 2) Draxler,R.R. and Rolph,G.D.:HYSPLIT Model.NOAA Air Resources Laboratory (2011)
 - 3) 彼谷邦光:飲料水に忍び寄る有毒シアノバクテリア, 57-69 (2001)
 - 4) 菊谷有希, 浅野勝佳, 浦西克維, 他:奈良県保健環境研究センター年報, 47, 58-60 (2012)
 - 5) 環境省総合政策局環境保健部環境安全課:化学物質と環境平成 24 年度化学物質分析法開発調査報告書, 182-208 (2013)

5. 原稿の提出について

- (1) A4 版用紙に印字した原稿を 1 部とする。なお、紙情報にあわせて図・表を含めた原稿を電子情報の形で提出のこと。
- (2) 原稿は所属担当統括主任研究員を経て編集委員に提出する。
- (3) 提出期限は編集委員会で定める。

6. 審査

原稿は編集委員会において審査し、採否を決定する。また編集委員会は必要に応じて、種類・内容の変更を求めることができる。

7. 校正

校正はすべて著者の責任とするが、編集委員会は編集の都合上変更を求めることができる。

8. その他

- (1) 年報編集に関し必要な事項は、すべて編集委員会において決定する。なお編集委員会はセンター所長（編集委員長）、次長、各担当統括主任研究員および編集委員長が指名した編集委員で構成する。
- (2) 編集委員会は、世間の注目を集めた環境問題についてのトピックスを掲載することができる。トピックスは、必要に応じて編集委員会が執筆を依頼する。記述の順は、表題、本文とする。本文には緒言、方法、結果、考察に相当する内容を含め、体裁にとらわれず自由に記述することが出来る。
- (3) 本投稿規定は編集委員会の決議により、改正することが出来る。

9. 附則

- (1) この奈良県景観・環境総合センター研究報告投稿規定は、平成 26 年 4 月 30 日から施行する。
- (2) この規定は、令和 2 年 9 月 1 日から施行する。
- (3) この規定は、令和 5 年 8 月 1 日から施行する。

編 集 委 員

城 山 二 郎（委員長）

岡 部 泰 也

杉 本 恭 利

井 上 ゆみ子

村 上 友 規

平 山 可奈子

奈 良 県 景 観 ・ 環 境 総 合 セ ン タ ー 年 報

第 11 号 令和 5 年度 (2023 年)

編集発行人 奈良県景観・環境総合センター

〒633-0062 奈良県桜井市栗殿 1000

電話 0744-47-3162

FAX 0744-43-3416

印刷所 やまとびと株式会社

〒633-0064 奈良県桜井市戒重339-3

電話 0744-45-3112

